



TARTU RIIKLIK ÜLIKOOL

E. P e e t s

RAADIOMONTAAŽI
PRAKTIKA

TARTU 1969

TARTU RIIKLIK ÜLIKOOL

Üldfüüsika kateeder

E. P e e t s

RAADIOMONTAAŽI

PRAKTIKA

TARTU 1969

E e s s õ n a .

Tehnika areng on toonud kaasa elektroonika kiire ja tormilise leviku mitmesuguses teaduse ja tehnika valdkonnas.

Tänapäeva füüsikuid, keemikuid, arste, biolooge, geograafe, füsiolooge, õpetajaid ja paljudel teistel erialadel töötajaid abistavad nende igapäevases töös elektroonikaaparaadid, kuid selleks, et nende aparaatidega edukalt töötada, peab tundma viimaste töötamis põhimõtet, käsitlemist, hooldamist ja mõningal määral isegi remonti.

Kaasaegses teaduses ei püsi ükski eriala kindlal tasemel, vaid areneb pidevalt edasi, ja selleks, et oma eriala arengust mitte maha jääda, peavad tehnilise kallakuga erialadel töötajad oskama aparaate ümber konstrueerida, aga ka uusi valmistada.

Humanitaaraladel töötajad peavad see-eest aga oskama ette anda uue aparaadi sisend- ja väljundsuurusi jt. tehnilisi tingimusi inseneridele-konstruktoritele, tehnikutele.

Järgest keerukamaks muutuvate uute elektroonikaaparaatide loomine tingib ka uute erialade vajalikkust, mis seoksid humanitaaraladel töötajaid tehnilistel aladel töötajatega. Näiteks võiks nimetada majandusküberneetikat, elektrofüsioloogiat jne.

Käesolev töö on mõeldud eksperimentaalse elektroonikaaparatuuri konstrueerimise, valmistamise ja montaaži üksikute, kõige levinumate võtete selgitamiseks ja kirjeldamiseks.

Raamatu sissejuhatuses selgitatakse, mida mõelda eksperimentaalse aparaadi all, seejärel vaadeldakse enam kasutatavaid elektrotehnilisi materjale ja elektroonikadetaile. Esimesteks töödeks elektroonikaaparatuuri ehitamisel on šassii konstruktsiooni valik, elektroonikadetailide paigutamine šassiiile, šassii valmistamine, mehhaaniline ja elektriline montaaž jms., ja seepärast on omaette peatükid pühendatud

universaalsete lukksepatööriistade ja nendega tehtavate töövõtete kirjeldamisele. Raamatus omaette osa moodustavad elektroonikaaparaatide montaaži küsimused (töövahendid, jootmine, montaaž), montaaži kontrollimine ja omavalmistatud aparaadi (bloki) pingestamine. Ohutustehnika küsimusi on vaadeldud kahest aspektist: 1) aparatuuri valmistamisega seotud võimalikest ohtlikest momentidest (mitmesuguste töövahendite kasutamise seisukohalt jms.) ja 2) aparatuuri häälestamisega seotud võimalikest ohtlikest momentidest tema pingestamisel, elektriliste suuruste mõõtmisel jne.

Raamatu lõpus on toodud soovitatava kirjanduse loetelu. Nendes raamatutes on iga autor käsitlenud aparatuuri valmistamist omast seisukohast, käesolevas töös aga on arvestatud TRÜ õppetöökoda võimalusi. Raamat on mõeldud eeskätt TRÜ füüsikaosakonna üliõpilastele raadiomontaaži praktika paremaks omandamiseks, ta on kasulik ka raadio-elektroonika amatööridele, raadio-elektroonika ringide juhendajatele, aga ka tehnilise personali väljaõppel. Raamat annab kindlasti ammendava vastuse paljudele praktilist laadi probleemidele-küsimustele, mis kerkivad füüsikaosakonna üliõpilastel eksperimentaalsete kursusetööde või diplomitööde tegemisel.

Kui käesoleva raamatu lugemisel kerkib uusi mõtteid ja täiendusi kirjapandule, tekib arusaamine eksperimentaalse elektroonikaaparatuuri konstrueerimise, valmistamise ja montaaži väga paljudest uutest võimalustest, siis on see raamat oma ülesande täitnud.

Täpset retsepti eksperimentaalse elektroonikaaparaadi ehitamiseks pole võimalik anda, nii palju on erinevaid konstruktsiooni variante, kui palju on konstruktoreidki. Uue aparaadi loomisel igal üksikul juhul tuleb konstruktoril-amatööril endal leida sobiv konstruktsiooni variant.

Käesolev raamat on abiliseks konstruktor-amatööri mõtete suunamisel, sobiva konfiguratsiooni ja montaažiga aparaadi loomisel.

Autor tänab retsensente sm. J. Elgast, K. Lepikut ja R. Raamatut asjalike märkuste ja parandusettepanekute eest.

S I S S E J U H A T U S .

I. Raadioaparaadiehituse ajaloost.

Varsti pärast raadio leiutamist (7. mai 1895; A.S. Popov) ehitati Kroonlinna reidile maailma esimene katseline raadiosideseade, mis hakkas tööle 1897.a. kevadel. Konstruktoreteks olid A.S. Popov ja P.N. Rõbkin. Raadiosideseadme ehitamise initsiaatoriks oli ka Kroonlinnas teeniv admiral S.O. Makarov. 1898.a. loodi A.S. Popovi eestvedamisel Kroonlinnas Venemaa esimene töökoja raadiodetailide valmistamiseks eesmärgiga luua raadioside Balti ja Mustal merel.

Vaatamata tsaari-Venemaal valitsevatele rasketele tingimustele õnnestus vene raadiotehnikutel M.V. Šuleikinil, A.A. Petrovskil, P.N. Tsiklinskil jt. 1915. aastal Kroonlinna töökoja ja Peterburi Raadiodepoo baasil luua esimene raadiotehas Venemaal.

Tolleaegsest raadioaparaadiehitusest mõningase ettekujutuse saamiseks vaatlеме veidi lähemalt Moskva raadiosaatjat (ehitati aastal 1914). Antenn oli asetatud ühteistkümnemele 120 m pikkusele mastile. Akupatarei, millest raadiosaatjat toideti, ja häälestuskondensaator olid paigutatud kahekordsesse majja, kuid suurtele mõõtmetele vaatamata olid saated kuuldavad ainult mõne kilomeetri ulatuses. On täiesti mõistetav, et elektronlampide kasutuselevõtmisega välismaal kaotasid niisugused raadiosaatjad jt. analoogilised seadmed mõtte. Vene sõjaväe raadiospetsialistid M.A. Bontš-Brujevitš, V.M. Leštšinski ja P.A. Ostrjakov töötasid välja raadiolambi originaalse konstruktsiooni, mis oli välismaistest analoogilistest lampidest palju odavam, kuid tsaarivalitsus ei organiseerinud nende tootmist. Vene raadiotehnikatööstus jäi endiselt sõltuvaks välismaistest firmadest, nagu Saksa "Telefunken", Inglise "Marconi" jpt.

Pärast Oktoobrirevolutsiooni kirjutas V.I. Lenin 21. juulil 1918 alla dekreedile "Raadioasjanduse tsentraliseerimine". Sellest ajast peale algas välismaistest firmadest sõltumatu raadiotehnikatööstuse areng. 2. detsembril 1918 kinnitati dekreet esimese raadiolaboratooriumi asutamise kohta Nižni-Novgorodis. Dekreedis märgiti, et raadiolaboratooriumi koos töökodadega vaadatakse kui esimest etappi Venemaa Riikliku Sotsialistliku Raadiotehnilise Instituudi loomisel, mille põhieesmärgiks oli ühendada kõik Venemaa raadioglased teaduslik-tehnilised jõud, raadiotehnilised õppeasutused ja raadiotööstus. Raadiolaboratooriumi teaduslike suundade eesotsas seisis tolleaegsed väljapaistvad nõukogude raadiospetsialistid M.A. Bontš-Brujevitš, A.F. Šorin, V.P. Vologdin, V.V. Tatarinov, D.A. Rožanski, P.A. Ostrjakov jt. Ka resultaadid ei lasknud end kaua oodata. Juba 1918.a. töötati välja võimsad generaatorlambid, detsembris 1919 sai valmis 5-kW-ne raadio-telefonisaatja jms. Esimeste Nõukogude raadiotehniliste süsteemide kiire valmimine julgustas ja Nõukogude valitsus eraldas uusi täiendavaid summasid raadiotehnikatööstuse arengu forsseerimiseks.

V.V. Kuibõševi initsiatiivil loodi 1. jaanuaril 1922 nõrga voolu tehaste trust, mis ühendas omavahel 11 raadiotehnilist ettevõtet. Seda kuupäeva loetakse Nõukogude raadiotööstuse alguseks. 1927.a. G.K. Ordžonikidze algatusel tõstetakse üles võimsate raadiosaatjate ja raadiovastuvõtjate massilise tootmise küsimus. 1930. aastal alus ataksegi Leningradi tehases "Svetlana" järgmiste raadiodetailide massilist tootmist: takistid, kondensaatorid, pöördkondensaatorid, drosselid, valjuhääldid, ümberlülitid, raadiolambid jt.

Kozitski-nimelises tehases ja tehases "Elektrosignaali" valmistati esimesed tolle aja kohta kõrgete tehniliste näitajatega raadiosaatjad ja -vastuvõtjad. Massiliselt toodeti raadioaparaate **ЭМ** -234 ja **СМ** -235. Samal ajal hakati välja töötama masstoodanguks raadiosaatjaid-vastu-

võtjaid, mis võimaldaksid kahepoolset raadiosidet.

Alates VK(b)P XVII kongressist (1934.a.) tõsteti igal partei kongressil üles raadiotehnikatööstuse aktuaalsed probleemid. Nii näiteks märgiti XVIII kongressil vajadust suurendada raadiotranslatsiooni vastuvõtupunktide arvu 2 - 3 korda ja ehitada terve seeria kaasaegseid televisioonikeskusi. Sellel kongressil planeeritud töödest jäid paljud täitmata, sest algas Suur Isamaasõda, mis seadis Nõukogude raadiotööstuse ette täiesti uued ülesanded.

Sõja-aastatel ilmneseid väga paljudel raadiodetailidel olulised puudused ning nende töökindlus oli väga madal.

Sõjajärgsetel aastatel uuriti ja loodi uusi tehnoloogilisi võimalusi töökindlamate raadiodetailide ja -sõlmede ehitamiseks. Taškenti, Novosibirski, Voroneži, Leningradi ja mujale ehitati spetsiaalsed ettevõtted kõrgekvaliteediliste raadiodetailide ja -sõlmede masstootmiseks. Uue tehnika juurutamise, töökultuuri tõstmise ja tehaste organisatsioonilise struktuuri muutmisega suurenes raadiotööstuse toodang märkimisväärselt. Alates 2. maist 1947 autasustatakse raadiotööstuse eesrindlasi NSV Liidu Ministrite Nõukogu poolt kinnitatud rinnamärgiga, 1945. aastast tähistatakse raadiopäeva (7. mai) jne.

Enne sõda toodeti põhiliselt raadiovastuvõtjaid ja -saatjaid ning ainult väikese osa raadiotööstuse toodangust moodustas rahvamajanduses kasutatav elektroonikaaparatuur. Sõjajärgseil aastail algas ja eriti viimasel ajal on hoo-
gustunud radioelektroonika tungimine väga paljudesse rahvamajandusharudesse, nagu meditsiin, bioloogia, keemia, põllumajandus, kosmonautika jne.

Nõukogude elektroonikaaparaatidele on omistatud paljudel rahvusvahelistel näitustel (Brüsselis, New-Yorgis, Londonis, Pariisis ja mujal) mitmesuguseid preemiaid ja medaleid.

Kodumaise radioelektroonika praegused arengusuunad on järgmised:

- aparatuuri reguleerimise ja häälestamise meetodite täiustamine; oma töömahukuselt moodustavad nad ca 70% kogu aparatuuri valmistamise mahust;
- elektrotehniliste materjalide töötlemismeetodite täiustamine elektrienergia otstarbekama kasutamisega töötlemistsoonis;
- uute materjalide üha laiemas kasutuselevõtmisega: pooljuhtmaterjalid, magnetodielektrikud, senjettkeraamika, ränioorgaanilised ühendid, uued plastmassid jne.;
- uute, laiemas temperatuuri ja rõhu piirides vastastikku vahetatavate elektroonikadetailide ja -sõlmede loomine, mikromoodulite ja funktsionaalsete blokkide (molekulaarelektroonika) kasutamine, trükitud montaaži töökindluse tõstmine jms.;
- elektroonikadetailide ja -sõlmede tootmisprotsesside (laiem) sügavam automatiseerimine;
- väiksema energiatarvidusega töökindlama aparatuuri loomine jne.

II. Tootmise klassifikatsioon.

Elektroonikaaparaatide valmistamisel kasutatavate tehnoloogiliste protsesside keerukus ja mitmekesisus sõltub väljastatava toodangu hulgast. Vastavalt eeltoodule eraldatakse ka mass-, suurseeria-, väikeseeria- ja eksperimentaalset tootmist.

Masstootmist iseloomustab väga kitsas spetsialiseerumine, tehnoloogiliste protsesside detailne väljatöötamine iga operatsiooni jaoks, vooluliinide kasutamine või töökohtade paigutamine vastavalt tehnoloogilistele protsessidele, operatsioonide sünkroniseerimine, spetsiaalsete töövahendite, kontroll- ja mõõteseadmete ning väga kitsa spetsiaalsusega töötajate rakendamine (näiteks raadioaparaatide tööstus).

Suurseeriatootmist iseloomustab samuti spetsiaalsete tööahendite ja mõõteseadmete kasutamine. Tehnoloogilised operatsioonid on suurseeriatootmisel veidi keerukamad kui masstootmisel ja sellest tingituna rakendatakse keskmise kvalifikatsiooniga töötajaid.

Väikeseeriatootmist iseloomustavad universaalsemad töövahendid, tehnoloogiline protsess ei ole enam nii detailselt välja töötatud ja ühte tüüpi (analoogilised) operatsioonid tehakse kindlas töökohas. Töötajad peavad tundma mitut eriala.

Ekspperimentaalset tootmist iseloomustab üksikute aparaatide valmistamine, kasutatavate töövahendite, kontroll- ja mõõteriistade universaalsus jne.

Ekspperimentaalse aparatuuri valmistamisel on tehnoloogilised operatsioonid mitmesugused ja keerukad ning võivad isegi aparaadi ehitamise käigus muutuda (tingituna mõningate materjalide või detailide defitsiitsusest või konstruktsiooni muutustest jms.), mille tõttu töötajad peavad olema kõrge kvalifikatsiooniga, tundma elektrotehnilisi materjale, elektroonikadetaile, neist valmistatud üksikuid sõlmi, mitmesuguseid töövahendeid, kontroll- ja mõõteaparatuuri jne.; nad peavad oskama ka mehhaanilist töötlemist (materjalide lõikamine, painutamine, lihvimine, poleerimine jms.), elektroonikaaparaatide montaažitöid, aparatuuri häälestamist, katsetamist jne., aga samuti galvaanilist töötlemist jms.

Alljärgnevalt tutvustame elektroonikaaparaatide ja -seadmete ekspperimentaalset tootmist.

III. Eksppluatatsiooni tingimused ja töökindlus.

Elektroonikaaparaatide eksppluatatsiooni tingimused sõltuvad paljudest teguritest, mis omakorda võivad aja jookul muutuda.

Eksppluatatsiooni tingimusi muutvad peamised tegurid:

- atmosfäärilist tingitud kliimaatilised muutused (normaalse-
teks tingimusteks loetakse temperatuurivahemikku $20 \pm 5^{\circ} \text{C}$;
suhtelist niiskust $65 \pm 15 \%$, rõhku $750 \pm 30 \text{ mmHg}$);

- mitmesugused mehhaanilised tegurid (raskustung, inerts,
kiirendus, vibratsioon, löögid, pörutused jne.);

- temperatuur (aparaadi töötamisel eraldavad detailid tea-
tud soojushulga).

Aparatuuri konstrueerimisel tuleb arvestada kohta, kus
teda rakendatakse, kas laboratooriumis, välistingimustes
või mõnel liikuvatel objektidel (rakett, kosmoselaev, laev).
Mendel nn. liikuvatel objektidel muutub kliima pidevalt
(temperatuur, rõhk, niiskus jne.), muutused võivad olla
pealegi järsud, hüppelised. Kosmoselaevadel lisandub veel
kosmiline kiirgus jpt. segavad faktorid.

Välistingimustes tuleb arvestada peale varem nimetatud
kliimaatiliste tingimuste (temperatuur, niiskus, rõhk) ka
tolmu, liiva, sademeid, külmumist, päikese kiirgust jt. te-
gureid, mis vähendavad aparatuuri töökindlust ja kasutusiga.
Neid tegureid tuleb tingimata arvestada aparadi transpordi
ajal, samuti pikemaajalisel säilitamisel kätud või kütmata
laos, ekspeditsioonil ja mujal. Eksploataatsioonil käigus
võivad elektroonikaaparatuurile mõjuda ka mitmesugused dü-
naamilised koormused (lühiajalised või kestvamad) nii löö-
kide, vibratsiooni, hõõrdumise, pörutuste jms. näol, mis
võivad tekkida aparadi transportimisel autoga, rongiga,
lennukiga, liikumiskiiruse muutmisel (pidurdamisel), samuti
ka juhtnuppude ebaõigisel kasutamisel. Mehhaanilised tegurid
võivad komplekselt tekitada üksikute detailide deformatsi-
oone, poldid ja kruvid võivad lahti keerduda, ühendused
nõrgeneda (pragude teke, vastupidavuse muutumine jne.), de-
tailid ja montaažjuhtmed puruneda ning katkeda, elektron-
lambid rikneda jne. Ohtlikemaks vibratsioonisageduseks
loetakse 15 - 150 Hz, mille juures võib tekkida mehhaaniline
resonants, ja 175 - 500 Hz, mille juures tekib resonants
elektronlampides, pooljuhtides jne. Pealegi võib sellise

resonantsi ajal esineda löök või põrutus. Näiteks küllaltki tasasel asfaldil sõitvas autos asetseval aparatuuril võib tekkida vibratsioon sagedusega 2 - 80 Hz, mis sõltub nii auto kui ka aparaadi konstruktsioonist, tüübist. Aparaaati ümbritseva keskkonna temperatuur ja aparaadi sisemuse temperatuur võivad küllaltki palju erineda. Mõned elemendid (raadiolambid, jõutransformaatorid, traattakistid, pooljuhid jne.) eraldavad töö käigus soojust, mis omakorda soojendab naaber detaile. Temperatuurist tingituna võib osa detaile rivist välja langeda või töötada ebanormaalselt. Üheks elektroonikaaparatuuri töökindlust määravaks faktoriks on õige soojusliku režiimi valik. Küllaltki väikesegabariidiliste aparaatide mahu kasutamise koefitsient ulatub isegi 0,85-ni, mis sageli viib seadme detailide ülekuumenemisele, mis omakorda vähendab järsult aparatuuri töökindlust. Eriti tundlikud temperatuuri muutustele on need aparaadid, kus kasutatakse pooljuhte (diodid, transistorid, varikapid, tunneldiodid jms). Aparaaadi töökindlus ja konstruktsioon sõltuvad kindlasti ka tema valmistamise tehnoloogiast. Oma jälje jätavad aparaadile tööriistade mitmekesisus, tööpinkide universaalsus, spetsiaalse tehnoloogia puudumine, meistri oskused, detaili vajalik täpsus, pinna töötlemispuhtus jms. Et tagada aparaadi töökindlust, tuleb arvestada neid tingimusi igal konkreetset juhul eraldi. Suur osa elektroonikaaparatuuri rikkeid on põhjustatud ümbritseva keskkonna ja üldse kasutamisolude kahjulikust mõjust, seetõttu tuleb igakordsel kahjustuste analüüsimisel lähtuda konkreetsest olukorrast. Kõikvõimalike kahjustuste üleslugemine on täiesti võimatu eksperimentaalse aparatuuri mitmekesisuse ja erinevate kasutamisolude tõttu. Kahjustusprotsesside intensiivsus võib suurened a mitme kahjuliku teguri üheaegsel mõjumisel, kasutusolude muutumisel jms. Kahjustusi võime tinglikult liigitada pööratavaiks (isolatsioonimaterjali niiskumine ja kuivamine) ja mittepööratavaiks (korrosioon).

T a b e l 1

Elektroonikaaparatuurile ekspluatatsiooni käigus mõjuvaid kahjulikke välistegureid ja neist tingitud tagajärgi.

Välis- tegurid	Välistegurite mõju aparatuuri detailidele, sõlmedele ja blokkidele	Tagajärjed
1	2	3
1. Temperatuur:		
kõrge	Aparatuuri ülekuumenemine	Detailide töökõlbmatuks muutumine, süttimine, pragunemine
	Elektroonikadetailide nimiväärtuste muutumine	Detailide rivist väljalangemine, skeemi lahkhälestus
	Materjalide pehmenemine	Struktuuriomaduste muutumine
	Metallide erinev paisumine	Liikuvate osade kinnikilumine
	Õlide viskoossuse vähenemine;	Laagrite töökõlbmatuks muutumine
	Vananemine, keemiline lagunemine	Elektriliste parameetrite muutumine
madal	Elektroonikadetailide temperatuuritegurite muutumine	Karakteristikute halvenemine
	Elektroonikadetailide karakteristikute muutumine	Elektrolüütcondensaatorite töökõlbmatuks muutumine, akumulaatorite mahutavuste muutumine jms.

Mehhaaniliste detailide erinev kokkutõmbumine

Elektrotehniliste materjalide rabedus

Õlide ja rasvade viskoossuse suurendamine

2. Niiskus:

suur niiskus

Niiskumine

Veeauru kondenseerumine

Ühenduste katkemine kontaktipesades, releede rikkiminek, laagrite liikuvuse vähenemine jms.

Juhtmete ja kaablite isolatsioonomaduste muutumine (kõvastumine, pragunemine), ka teiste materjalide mehhaaniliste omaduste halvenemine, hermetiseeritud aparatuuri puhul lekke tekkimine ja suurendamine (kummitihendid pragunevad) jms.

Laagrite ja lülitikutide kinnikleepumine

Elektrotehniliste materjalide (hetinaks, tekstoliit jne.) paisumine ja deformeerumine; nende elektriliste omaduste muutumine

Elektrotehniliste materjalide elektriliste omaduste järsk muutumine, eriti isolatsioonitakistuse vähenemine, kaasneb sädelemine ja elektriikaar. Materjalide keemiliste omaduste halvenemine, lahustumine jms.

1	2	3
suur niiskus ja soolased pritsmed	Metallide korrosioon	Metallmaterjalide mehhaaniliste omaduste halvenemine, aga samu- ti teiste elektrotehniliste ma- terjalide mustumine korrosioo- niga, juhtivuse tekkimine eba- soovitavates kohtades, liikuva- te detailide kinnikiilumine
väike niiskus	Mõningate elektrotehnilis- te materjalide ja elekt- roonikadetailide liigkui- vamine	Puit-, nahk- jms. materjali kuivamine ja lagunemine
3. Õhurõhk:		
kõrge	Hermetiseeritud aparatuuri mehhaanilised pinged	Hermeetilisuse kadu, mehhaani- lised vigastused
madal	Hermetiseeritud aparatuuri mehhaanilised pinged	Hermeetilisuse kadu, mehhaani- lised vigastused
	Õhu madal dielektriline vastupidavus	Kõrge pingel all töötavate de- tailide vahel elektrikaare tekkimine
4. Päikese kiirgus	Keemiliste protsesside kiirenemine	Vastupidavuse vähenemine tõmbe- le, rebimisele jms.
	Elektrotehnilise materja- li pinna vigastumine foto- keemilise efekti tagajär- jel	Materjalide muutumine rabadaks, eraldusvärvide tuhumumine

1	2	3
5. Tolm ja liiv	Aparatuuri liikuvate osade vahele tungimine Staatiliste elektrilaengute suurenemine	Laagrite, lülitite, potentsiomeetrite jms. vigastumine Sädelemiste, elektrilahenduste ja elektriliste mürade suurenemine
6. Putukad, bakterid ja hallitus	Aparatuuri tungimine, hallitusseente kasv, mädanemine	Elektrimaõõteriistade, väikeste elektroonikadetailide rivist väljalangemine, termiitide kallale tungi korral orgaaniliste isolatsioonimaterjalide riknemine, lühiste, elektrikaarte tekkimine, lekkimine kõrge impedantsiga skeemides, optilise aparatuuri rikkimine, liikuvate detailide kinnikiilumine, elektrotehniliste materjalide riknemine, mehhaanilise tugevuse vähenemine
7. Vibratsioon ja löögid	Takistite, kondensaatorite ja pooljuhtdetailide väljaviikude murdumine, ühendusjuhtmete ja -kaablite murdumine Mehhaaniliste ühenduste lõdvenemine	Aparaat lakkab töötamast Mehhaaniliste detailide rikkimine ja lahtitulek, mehhaaniliste nihe tagajärjel elektromehhaaniliste sõlmede lahkhäälustus
8. Tugev tuul	Metalli ja klaasi jootekohtade halvenemine, kütteniidid vigastus Antennides mehhaanilised pinged	Raadiolampide töökõlbmatuks muutumine, pooljuhtide riknemine Mehhaanilised vigastused
jne.		

Tabelis nr. 1 on toodud ülevaade elektroonikaaparatuurile eksploatatsiooni käigus mõjuvatest kõige tüüpilisematest kahjustustest ja neist tingitud tagajärgedest.

Peale eksploatatsioonitingimuste ja kliimaatiliste tegurite mõjutab elektroonikaaparatuuri töökindlust kasutatavate detailide ja sõlmede hulk.

Elektroonikadetaili (-sõlme) töötamise aeg on juhuslik. Oletame, et meil on teatud kindel arv detaile ja paneme nad kõik täpselt ühesugusesse tüüprežiimi. Aja jooksul tekivad ühes või teises detailis rikked ja nad langevad tööst välja. Töösse jäänud detailide arv aja jooksul väheneb. Mõnedes detailides võib kohe pärast tüüprežiimi sisselülitamist tekkida tõrge. Pärast detailide nn. "sissetöötamise" aja möödumist väheneb tõrgete arv tunduvalt ja stabiliseerub teatud ajaks, seejärel hakkab tõrgete arv uuesti kasvama, s.t., et detailid juba väsivad ja kuluvad, ühesõnaga vananevad. Stabiilset perioodi nimetatakse detailide normaalse töötamise ajaks. Väga paljudel juhtudel ei jõua detailid ja sõlmed viimasesse e. vanadusperioodi, sest enne võib tekkida moraalne vananemine elektroonika süsteemides.

Aparaadi kui terviku töökindlus sõltub tema detailide töökindlusest ja seepärast võib ka kogu detailide süsteem (aparaat) lakata töötamast mõne detaili tõrkest. Ilmselt on väiksema detailide arvuga aparaat töökindlam. Töökindlus sõltub ka aparatuuri valmistamise kvaliteedist. Lahtised, korralikult kinnitamata detailid võivad põhjustada lühise ebasoovitavas kohas. Pikad montaažjuhtmed ja -latid võivad painduda ja samuti tekitada lühise mõnes ahelas, mille tagajärjel võib osa detaile rivist välja langeda jne. Eriti ohtlik on see tihendatud montaažiga kohtades.

A. SCHEMID.

Kaasaegne elektroonikaaparatuur koosneb väga paljudest detailidest, sõlmedest ja blokkidest.

Detailideks nimetatakse aparaadi osi, mis ei ole kokku monteeritud lihtsamatest osadest, näiteks klemmid, skeemiftid, needid, mutrid, kruvid, takistid, kondensaatorid jms. Sõlmedeks nimetatakse aparaadi osi, detailide gruppe, mis on mehhaaniliselt või elektriliselt omavahel kokku ühendatud. Blokkideks nimetatakse elektroonikaaparaadi konstruktiivselt lõpetatud ühele šassiile või ühte korpusesse paigutatud sõlmede ja astmete kogumikku, mis on mõeldud kindla funktsiooni täitmiseks, näiteks toiteblokk, kõrgsagedusblokk, kondensaatorite blokk jne.

Aparaadi ehitamine ilma skeemita ei ole mõeldav ja kõigepealt alustame aparaadi skeemi konstrueerimist, kus on ära näidatud skeemielementide (takistid, kondensaatorid, elektronlambid, transistorid, diodid jms.) omavahelised ühendused.

Aparaadi elektriliste skeemide põhielementideks on harilikult elektronlambid või transistorid (pooljuhttrioodid). Enamasti ei ole küllaldane ühe elektronlambi või transistori kasutamine, näiteks madalsagedusvõimendid ehitatakse (sõltuvalt vajadusest) kahe või enama elektronlambiga (transistoriga). Peale võimendi kasutatakse põhielemendina elektronlampe või ~~transistore~~ generaatorite, muundite, detektorite jms. ehitamisel. Et aga projekteeritud võimendis, generaatoris, muundis jt. nimetatud aparatuuri astmetes (sõlmedes) ja blokkides töötaksid elektronlambid või transistorid etteantud režiimis, tuleb nende juurde ühendada terve rida mitmesuguseid elektroonikadetaile (takistid, kondensaatorid, termistorid, fotoelemendid jne.). Ühendades detaile eespool kirjeldatud viisil gruppidesse, mida elektrotehnikas nimetatakse astmeks, saamegi aparaadi skeemi. Sõlmi ja blokke, mis kindlustavad aparaadi normaalset tööd või loovad pare-

maid ekspluatatsioonitingimusi (alaldid, võimenduse automaatsed regulaatorid, häälestusindikaatorid), nimetatakse lihtsalt aparaadi täiendavateks sõlmedeks või blokkideks, mitte aga astmeteks.

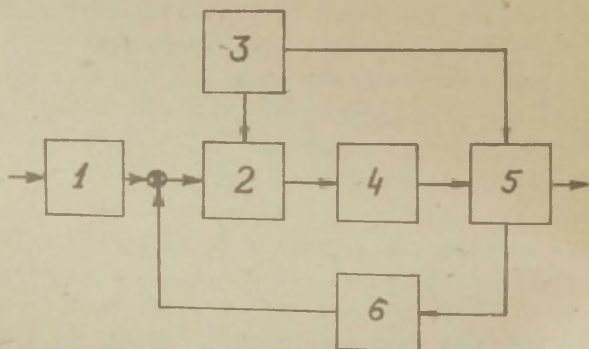
Näiteks kolmelambilist madalsagedusvõimendit nimetatakse kolmeastmeliseks võimendiks.

Käesoleval ajal toodetakse ka kombineeritud elektronlampe, s.t. nende klaasballooni on paigutatud kaks või isegi kolm iseseisvat süsteemi. Ühe niisuguse lambiga on võimalik konstrueerida kahe- või kolmeastmelist seadet (aparaati).

Aparaadi skeem on hädavajalik nii tema valmistamise, ekspluatatsiooni kui ka remondi ajal. Aparaadi jaoks on võimalik konstrueerida väga erinevaid skeeme, nagu blokk-skeem, funktsionaalskeem, kinemaatiline skeem, elektriline skeem, poolmontaažskeem, montaažskeem jpt. variante. Vaatleme neist mõningaid lähemalt.

I. Blokk skeem.

Elektroonikaaparatuuri projekteerimist alustatakse blokk skeemi koostamisest.



Joonis 1. Blokk skeem.

Astmed kujutatakse neljakandiliste lahtritena (vt. joon. 1.), kus lahtrite sisse kirjutatakse astme põhielemendi tüüp (elektronlamp või transistor) ja tema funktsioon. Levinud on ka moodus, kus blokskeemi kujutavad lahtrid nummerdatakse ja vastavalt numeratsioonile antakse lisana skeemi juurde selgitavad märkused numbrite tähenduse kohta. Astmeid kujutavate lahtrite asemel joonestatakse mõnikord ka ringid.

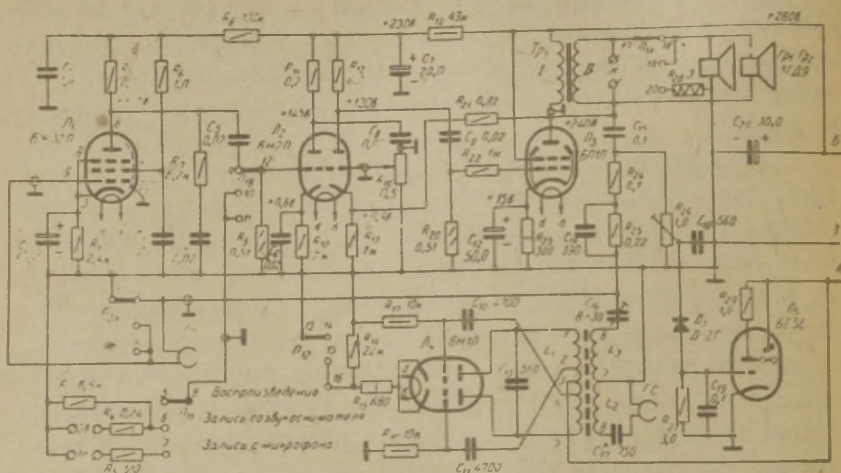
Astmetevahelisi ühendusi (seotseid) kujutatakse joontega, üks noolega joon astmete vahel näitab ühe astme (bloki) mõju teisele, mehhaanilist seost erinevate astmete vahel tähistatakse kahe joonega, need astmed, mis pidevalt ei tööta, ühendatakse punktiirjoontega. Blokskeemiga analoogiline on nn. funktsionaalne skeem, kus elektroonika-aparatuuri erinevad astmed joonestatakse samuti lahtritena (ringidena), kuid astmete (blokkide) sisendi ja väljundi juurde märgitakse kasuliku signaali põhiparameetrid: pinge, sagedus või signaali kuju, impulsi amplituud, kestus vms. Blokskeemide ja funktsionaalskeemide alusel ei ole võimalik aparati ehitada, kuid nende abil, eriti keerulise aparatuuri korral, on võimalik kiiresti analüüsida nende tööprintsipi, s.t. kuidas on üksikud astmed omavahel ühendatud, millises suunas liigub kasulik signaal jms. Blokskeemi alusel konstrueeritakse-projekteeritakse aparadi elektriline skeem.

II. Elektriline skeem.

Elektrilisel skeemil kujutatakse kõik aparadi põhidetailid, abidetailid ja sõlmed vastavalt GOST-ile 7624-62 ja nende omavahelised elektrilised ühendusjuhtmed. Kinnitusedetaile jms. ei kujutata elektrilisel skeemil.

Aparaadi elektrilisele skeemile märgitakse ära elektroonikadetailide nimisuurused või nende tähistus. Tähistuse korral lisatakse elektrilisele skeemile spetsifikatsioon, kus näidatakse skeemil olevate tähistustega kooskõlas detailide ja sõlmede tüüp, nimisuurus, täpsusklass,

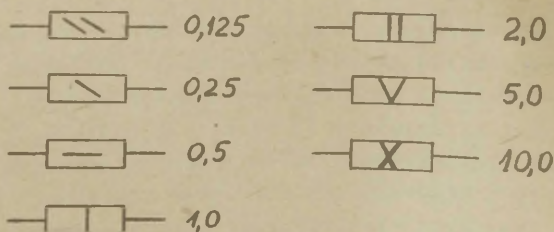
GOST või normaal. Elektrilisele skeemile märgitakse ära ka varjestused, ümbritsedes varjestatud detailid, astmed ja blokid punktiirjoontega.



Joonis 2. Elektriline skeem.

Kokkuleppeliselt tähistatakse elektrilisel skeemil takistusi tähega R, mahtuvusi tähega C, induktiivsusi tähega L, transformatoreid tähtedega Tr, drossseleid - Dr jne.

Takistite võimsusi tähistatakse skeemil vastavate tingmärkidega.



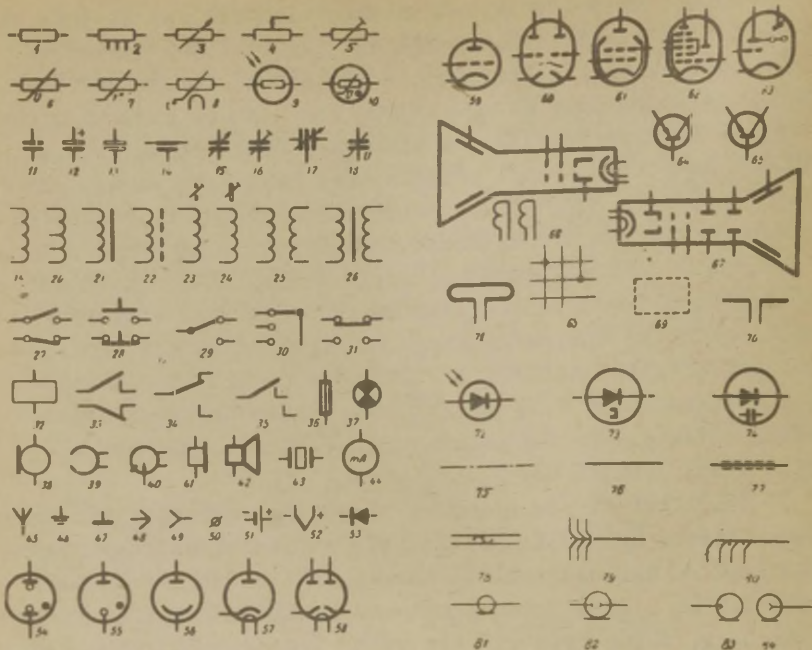
Joonis 3. Takistite nimivõimsuste tingmärgid.

Peale takisti võimsuse antakse elektrilisel skeemil ka tema nimiväärtus: kokkuleppeliselt tähistatakse takistusi Ω -des lihtsalt täisarvuga vastavalt nende nimiväärtustele, näidates 680, 82, 27, 1100; $k\Omega$ puhul kirjutatakse takisti nimiväärtuse järele täht k, näiteks 33 k; 9,1 k; 4700 k jne; $M\Omega$ puhul kirjutatakse kindlasti komaga, näiteks 1,0; 8,2; 220,0 jne. Potentsiomeetrite jt. reguleeritavate takistite korral antakse elektrilisel skeemil tema maksimaalne väärtus analoogiliselt eespool tooduga. Kondensaatorite mahtuvuste nimiväärtusi tähistatakse analoogiliselt takistite nimiväärtustega ja nimelt niimoodi: pF korral täisarvuna, näiteks 82, 6800 jne., μF korral komaga, näiteks 0,25; 2,0; 2000,0 jne. Häälestuskondensaatoritel antakse tema mahtuvuse muutuse piirid, näiteks 6 - 25, antud juhul 6 - 25 pF.

Juhul kui ei ole võimalik kirjutada takistite või kondensaatorite nimiväärtusi kokkuleppeliselt, näiteks takistustraadist keritud takisti korral, mille väärtus on näiteks $6,8\Omega$, siis tuleb tingimata nimiväärtuse taha kirjutada ühik, muidu võib valesti välja lugeda, näiteks $6,8\Omega$ asemel tähistades $6,8$ võib lugeda $6,8 M\Omega$. Täpselt samuti kondensaatorite mahtuvuste juures, näiteks $6,8$ pF.

Elektriline skeem on hädavajalik elektroonikaaparatuuri valmistamise kõikidel etappidel, nii konstrueerimisel, montaažil, montaaži kontrollimisel kui ka häälestamisel jne., kuid elektriline skeem ei anna elektroonikadetailidest ja -sõlmedest nende õiget kuju ja gabariite. Peale selle ei ole võimalik elektrilisel skeemil kujutada detailide ja sõlmede omavahelist paigutust, kuna elektrilisel skeemil kasutatakse tingimärke vastavalt GOST - 7624 - 62-le.

Joonisel 4 ongi toodud kõige enam vajaminevad elektrilise skeemi elementide graafilised tingimärgid.



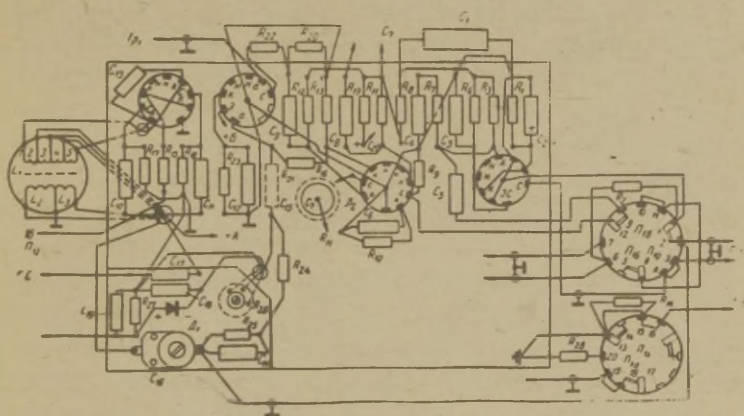
Joonis 4. Elektrilise skeemi elementide graafilised tingmärgid.

1 - takisti (resistor), 2 - väljaviikudega takisti, 3 - reguleeritav takisti (üldtähistus), 4 - potentsiomeeter, 5 - häälestustakisti, 6 - varistor, 7 - otsese küttega termotakisti (termistor), 8 - kaudse küttega termotakisti, 9 - fototakisti, 10 - barreter (voolu stabilisaator), 11 - kondensaator (üldtähistus), 12 - elektrolüütkondensaator (polaarne), 13 - elektrolüütkondensaator (mittepolaarne), 14 - läbiviikkondensaator, 15 - reguleeritav kondensaator, 16 - häälestuskondensaator, 17 - diferentsiaalkondensaator, 18 - varikond, 19 - induktiivpool, 20 - väljaviikudega induktiivpool, 21 - ferromagnetilise südamikuga drossel, 22 - magnetodielektrilise südamikuga induktiivpool, 23 - magnetodielektrilise südamikuga reguleeritav (häälestatav) induktiivpool, 24 - mittemagnetilise südamikuga häälestatav induktiivpool, 25 - südamiku transformator, 26 - ferromagnetilise südamikuga transformator, 27 - lülitid (sulgev ja lahutav), 28 - juhtnupp (sulgev ja lahutav), 29, 30, 31 - ümberlülitid, 32 - releemähis, 33 - releekontaktid, (sulgev ja lahutav), 34 - ümberlülitav releekontakt, 35 - kahekordselt sulgev kontakt, 36 - kaitse, 37 - signaallamp, 38 - mikrofon (üldtähistus), 39 - magnetpea, 40 - helipea (adapter), 41 - telefon, 42 - valjuhaaldi, 43 - pleso-element, 44 - mõõteriist (antud juhul milliampermeeter), 45 - antenn, 46 - masandus, 47 - korpus (šassi), 48 - pistik (üldtähistus), 49 - pistikupesad, (üldtähistus), 50 - klemm, 51 - galvaaniline element (akumulaator), 52 - termopaar (termoelement), 53 - pooljuhtdiod, 54 - huumlamp (neoonlamp), 55 - stabilitron, 56 - vaakuumfotoelement, 57 - kaudse küttega diod (lampdiod), 58 - kaksikdiod, 59 - triod, 60 - kaksiktriid, 61 - jugatetrood, 62 - triod-heptod, 63 - elektron-valgusindikaator, 64 - transistor (p-n-p juhtivusega), 65 - transistor (n-p-n juhtivusega), 66 - elektrostaatilise fokuseerimisega ja elektrostatilise kallutusega kolmeanoodiline elektronikiiretoru, 68 - ristuvad juhtmed, punkt näitab ühendatud juhtmeid, ilma punktita on elektriliselt mitteühendatud juhtmed, 69 - ekraan (varje), 70 - summeeriline vibraator, 71 - soojuslik vibraator, 72 - fotodiod (pooljuht), 73 - tunneldiod, 74 - mahtvuslik diod (varikap), 75 - lahutusjoon, 76 - ühendusjuhtmed, 77 - skreenitud juhe, 78 - kokkukeerutatud juhe (nõrjuhe), 79, 80 - äguti väljandotsad või kaabli- soonte otsad, 81 - koaksiaalkaabel, 82, 83, 84 - kõrgsageduskuplungid.

Aparaadi valmistamisel peab, et vältida arusaamatusi ja vigu, konstrueerima-projekteerima veel poolmontaaž- või montaažskeemi.

III. Poolmontaaž- ja montaažskeem.

Poolmontaažskeem annab täieliku ettekujutuse aparatuuri detailidest, sõlmedest ja nende omavahelistest elektrilistest ühendustest. Detailide ja sõlmede asetus, mõõdud kujutatakse ligikaudselt, säilitades nende geomeetrilise kuju, mille peale tavaliselt märgitakse ka elemendi elektriline tähistus, nagu elektrilisel skeemil.

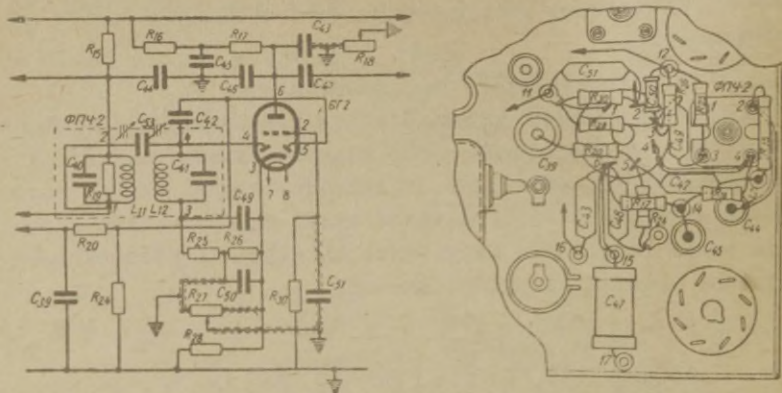


Joonis 5. Poolmontaažskeem.

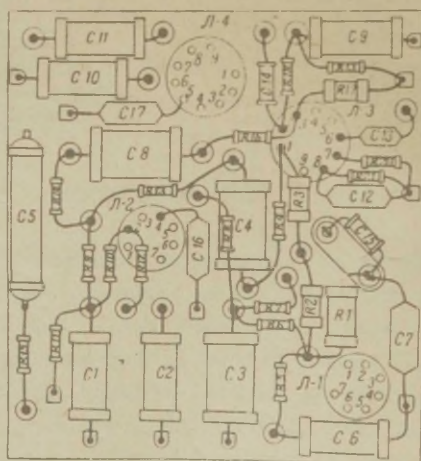
Erinevalt poolmontaažskeemist kujutatakse montaažskeemil kõik elektroonikadetailid ja -sõlmed, kaasa arvatud montaažjuhtmed ja -latid täpses mastaabis. Montaažskeemil näidatakse lisaks põhi- ja abidetailidele ka kinnitusedetailid (haagid, poldid, mutrid, seibid, konksud jms.).

Montaažskeemidele lisatud tabelites tuuakse ära täpselt montaažjuhtmete margid, nende pikkused, jootekohtade arv montaažplaadil jms.

Ekspperimentaalse aparatuuri konstrueerimisel tehakse töö käigus, pärast lukksepatööde lõpetamist, poolmontaaž-



Joonis 6. Elektriline skeem ja temale vastav montaažskeem (montaaž on tehtud ilma montaažplaadita).



Joonis 7. Trükitud montaažskeem.

skeem. Aparaaði montaaž on võrdlemisi lihtne, kui oleme eelnevalt teinud korraliku poolmontaaž- või montaažskeemi.

Elektroonika-alases kirjanduses (käsiraamatud, ajakirjad jms.) esitatakse mitmesuguste aparaatide elektrilisi skeeme, kuid väga harva tuuakse elektrilise skeemi kõrval poolmontaaž- ja montaažskeem. Poolmontaaž- ja montaažskeem peavad andma tõelise ettekujutuse aparaadi blokist kui tervikust, aga samal ajal ka detailide ja sõlmede tegelikust suurusest, kujust, ruumilisest paigutusest (ruumiliselt võib-olla peaks mõni blokk olema paigutatud mitmele eritasapinnale) jne. Elektrilise skeemi järgi peab detaili või elemendi nimiväärtus jääma samaks, kuid neid detaile ja elemente toodetakse samade elektriliste parameetritega mitut tüüpi (takistused BC, MTT, kondensaatorite erinevad kujud ja margid vt. ptk. "Raadioelektroonika detailid") ja kirjanduses on võimatu ette näha, millist tüüpi detaile on parasjagu konstruktoril-amatööril võimalik kasutada, mis on temale kättesaadavad jne. Üsna tihti tuleb veel detaile, elemente kombineerida (s.t. takistite ja kondensaatorite paralleelsed või järjestikused ühendused, enam-vähem samade parameetritega elektronlamp või transistor ja sellest tingitud mõningane elektrilise skeemi muutus jms.), kui etteantud vajalike parameetritega elektroonikadetaile ei ole käepärast.

Seepärast tuleb igal konstruktoril endal konstrueerida poolmontaaž- või montaažskeem vastavalt tehnilisele lahendusele ja materjali ning detailide olemasolule.

Et vältida aparatuuri montaažil vigu, tuleb poolmontaažskeem teha võimalikult lihtne, selge, loetav, näiteks nummerdades kõik ühendusjuhtmed (number kirjutatakse selguse mõttes ühendusjuhtme mõlemasse otsa). Poolmontaažskeemile kantakse ka elektroonikadetailide, -sõlmede nimiväärtused, näidatakse abidetailide tüübid, samased abidetailid nummerdatakse, samuti näidatakse kinnitusedetailide võimalik kuju jms. Kõik detailid ja sõlmed püütakse paigutada nii, nagu seda peab tegema aparatuuri montaažilgi:

- et juurdepääs detailidele ja nende väljaviikudele oleks lihtne,
- et puuduks kahjulik elektriline side,
- et suuremad detailid ei kataks väiksemaid,
- et detailide markeering jääks väljapoole,
- et oleks arvestatud detailide temperatuurilisi režiime,
- et montaažjuhtmed tuleks võimalikult lühemad ja lihtsama paigutusega poolmontaaž- või montaažskeemil jms.

Montaažskeem tuleb teha ka aparaadi nende täiendavate sõlmede kohta, mis ei kuulu aparaadi astme mõiste alla (toiteblokk, häälestusindikaatorid jms.).

B. ENAM KASUTATAVAD ELEKTROTEHNILISED MATERJALID.

I. Klassifikatsioon.

Elektroonikaaparaatide, elektrotehniliste seadmete, nende šassiide, tugipukside, montaažpaneelide, nähiste jt. detailide valmistamiseks kasutatakse väga mitmesuguseid elektrotehnilisi materjale. Tänapäeva raadiotehniliste seadmete konstrueerimisel, valmistamisel ja ekspluateerimisel suureneb järjest elektrotehniliste materjalide osatähtsus.

Elektriseadmete võimsuste ja pingete kasv, seadmete mõõtmete ja kaalu vähendamine, elektroonikaaparaatide, transformaatorite rakendamine rasketes tingimustes (kõrge või madal temperatuur, niiskus, radioaktiivne kiirgus, vibratsioon jne.) esitavad järjest suuremaid nõudeid ka uutele, alles loodavatele materjalidele.

Kaasaegsete pooljuht-, automaatika- ja telemehaanika-seadmete loomine on võimalik tänu kvaliteetsetele materjalidele. Mõnikord võimaldavad nende materjalide erilised omadused luua põhimõtteliselt uusi seadmeid.

Elektrotehniliste materjalide kasutamisel on väga oluline ka majanduslik külg, võimalus valida materjali, millega saab antud tehnilistele tingimustele vastavalt luua odavamaid seadmeid.

Elektrotehniliste materjalide tundmaõppimisel tekitab üliõpilastele suuri raskusi nende materjalide mitmekesisus ja vajadus teada-tunda nende materjalide mitmesuguseid omadusi. Seda arvestades vaatleme ainult kõige enam kasutatavaid elektrotehnilisi materjale ja nende üldisemaid omadusi ning lihtsamaid töötlemisvõtteid. Mitmesuguste käsiraamatute ja erialase kirjanduse olemasolu elektrotehniliste materjalide kohta annab õppijale täiendavaid teadmisi. Kuna üliõpilastel tuleb kasutada valmismaterjale, siis on täiesti välja jätud elektrotehniliste materjalide tootmise tehnoloogia. Põhitähelepanu on suunatud materjalide omadustele, töötlemise ja kasutamise võimalustele ja tehnoloogiale, ühesõnaga pearõhk on pööratud praktilisele küljele.

Füüsikalis-mehhaaniliste, magnetiliste, elektriliste jms. omaduste järgi võime elektrotehnilised materjalid tinglikult jaotada viide suurde rühma:

- dielektrikud e. elektriisolatsioonimaterjalid,
- juhid,
- pooljuhid,
- magnetilised materjalid ja
- konstruktsioonimaterjalid.

Kirjanduses võib leida ka teistsuguseid klassifikatsioone, kuid üldtoodu on neist kõige levinum.

II. Dielektrikud.

Dielektrikud võime jagada kahte suurde rühma: orgaanilised ja anorgaanilised.

Kõige rohkem kasutatakse isolatsioonimaterjalina orgaanilisi aineid, s.o. aineid, mille põhielemendiks on süsinik (C); siia kuuluvad mitmesugused plastmassid, tselluloidid, räniorgaanilised polümeerid, kautšuk, immutatud materjalid, kompaundid, lakid, liimid jne.

Anorgaaniliste ainete põhielemendiks on tavaliselt räni (Si). Anorgaanilisi (mineraalseid) materjale: kiltkivi, talkkloriidi, raadiotehnilist keraamikat, silikaatklaasi, vilgukivi jms. kasutatakse madalpingelistes ja -sageduslikes seadmetes (reostaatide, kilpide, lülitite, küttekehade alustena jm.), kus ei nõuta erilisi isolatsiooniomadusi. Selle rühma materjalid on poorsed, hügrooskoopsed ja haprad.

1. Orgaanilised dielektrikud.

Kampol. Lahustub hästi piirituses, tärpentinis, bensiinis, bensoolis. Elektrilised omadused: $\rho = 10^{15} - 10^{16} \Omega \text{ cm}$; $E_{11} = 10 - 15 \text{ kV/mm}$; $\epsilon = 2,7 - 3,5$; $\text{tg } \delta = 0,05$. Kasutatakse rübustina vaskjuhtmete jootmisel.

Bakeliitvaik on termoreaktiivne materjal. Elektrilised omadused: $\rho = 2 \cdot 10^{13} \Omega \text{ cm}$, temperatuuri tõusul ρ väheneb; $\epsilon = 4,5$; $\text{tg } \delta = 0,02$. Kasutatakse aparaatide detailide ja sõlmede immutamisel, katmisel ja kleepimisel, liimi БФ, kihiliste materjalide (tekstoliit, hetinaks), presspulbrite jms. tootmisel.

Lavsaan. Kuulub polüestervaiikude rühma. Toodetakse kilematerjalina, mille paksus on $4 - 20 \mu\text{m}$, mark ПЭТФ. Lavsaan on suure tihedusega $1,4 \text{ g/cm}^3$, läbipaistev ja hästi painduv (elastne). Töötemperatuuri piirkond on $-60 - +150^\circ \text{ C}$. Lavsaan on vastupidav valgusele, hallitusele,

õlidadele, rasvadele, nõrkadele leelistele, soolhappele. Lavsaan kardab lämmastik- ja väävelhapet, kloori. Põhilised omadused: $\rho = 10^{16} \Omega \text{ cm}$, $\varepsilon = 3,0 - 3,5$; $\text{tg} \delta = 0,002$ sageduse suurenemisel $\text{tg} \delta$ suureneb $0,013 - 0,015$ -ni, $E_{11} = 120 \text{ kV/mm}$, veeimavus $0,1\%$, sulab 260° C juures, tõmbetugevus $1000 - 2000 \text{ kg/cm}^2$. Lavsaankilesid kasutatakse kondensaatorite, juhtmete ja kaablite valmistamisel, aparatuuri montaažil erineva pingega detailide isoleerimisel.

Kaproon (perloon, siloon). Toodetakse marke A, B, B, mis erinevad üksteisest värvuselt, viskoossuselt, niiskuvuselt. Kaproon lahustub hapetes, kardab valgust, temperatuuri, niiskust (viimaste toimel materjal vananeb). Kõrgel temperatuuril kaproontooted süttivad, sulanud materjal hakkab tilkuma. Põhilised omadused: $\rho = 5 \cdot 10^{12} \Omega \text{ cm}$, $\varepsilon = 4 - 5$; $\text{tg} \delta = 0,04$, $E_{11} = 30 \text{ kV/mm}$, Veeimavus $3 - 4\%$, tõmbetugevus $600 - 650 \text{ kg/cm}^2$, painde- ja survetugevus $700 - 900 \text{ kg/cm}^2$. Kasutatakse aparatuuri pisidetallide (juhtimisnupud, poolide alused, helipeade kestad jms.), müratult töötavate hammasrataste, laagrite jms. valmistamisel, juhtmete isoleerimisel jne.

Nailonkiud (aniidkiud). Oma omadustelt on lähedane kaproonile, ületades viimast mehhaanilistelt ja termilistelt omadustelt. Põhilised omadused: $E_{11} = 18 \text{ kV/mm}$; veeimavus $1,2 - 1,6\%$; tõmbetugevus $700 - 1000 \text{ kg/cm}^2$. Kasutusalaad samad mis kaproonil.

Epoksüüdvaigud (margid ЭД -5; ЭД -6; ЭД -37; ЭД -40). Puhtal kujul epoksüüdvaike praktikas ei kasutata, vaid lisatakse tahkestajat (tarrestajat), siis saame termoreaktiivse materjali. Vaik tahkestub normaalingimustel 24 tunni jooksul. Nimetatud materjal võib töötada temperatuurivahemikus $-60 - 130^\circ \text{ C}$. Vaik kleepub hästi metalliga, klaasiga jms. materjalidega. Põhilised omadused: $\rho = 10^{14} \Omega \text{ cm}$; $\varepsilon = 3,5 - 4$; $\text{tg} \delta = 0,005 - 0,025$; $E_{11} = 18 - 30 \text{ kV/mm}$;

tõmbetugevus 600 - 800 kg/cm²; tihedus 1,2 - 1,3 g/cm³.

Orgaaniline klaas (pleksiklaas) saadakse polüakrüülvaikudest. Orgaaniline klaas laseb hästi valgust läbi (ca 91 %), on vormitav (soojalt), mehhaaniliselt tugev, ilmastiku-, elektriikaare-, niiskuse-, õli-, happe- ja leeliskindel, kergesti töödeldav. Orgaanilist klaasi liimitakse äädikhappe ja diklooretaaniga, ta on keevitav (temperatuuril 140 - 150° C ja rõhul 5 - 10 kg/cm²). Orgaanilist klaasi kasutatakse aparaadiehituses dekoratiivsete detailide, õli-, happe-, leeliskindlate ja läbipaistvate toodete valmistamiseks.

Viniplasti saadakse ümbertöötatud plastifitseerimata polüvinüülkloriidi kuumpressimisel. Ta on kõva, termoplastiline, keemiliselt püsiv, mehhaaniliselt tugev, hästi töödeldav, vormitav (soojalt), kleebitav, keevitav, mittepõlev materjal. Toodetakse lehtmaterjalina, torudena, varrastena. Puuduseks on kaarekindlusetus (elektriikaare tagajärjel tekivad voolujuhtivad rajad). Põhilised omadused: $\rho = 1,8 \cdot 10^{14} \Omega \text{ cm}$; $\epsilon = 3,3$; $\tan \delta = 0,01$; $E_{11} = 15 \text{ kV/mm}$, tihedus 1,4 g/cm³, maksimaalne temperatuurivahemik (ilma mehhaanilise koormuseta) -60 - +60° C. Kasutusala väga lai tema hea töödeldavuse tõttu.

Hetinaks (varasemas kirjanduses ka getinaks) on kihiline materjal, mis saadakse fenoolformaldehüüdvaiguga immutatud pabermaterjali kuumpressimisel. Ta on elikindel. Hetinaksi valmistatakse mitut marki: A - suurendatud dielektrilised omadused, õlikindel; B - suurendatud mehhaanilised omadused, ka E_{11} on suurem; B ja D on ette nähtud kasutamiseks õhus temperatuurivahemikus -60 - +70° C; Γ - suurendatud niiskuskindlus. Kõrgsageduslikud hetinaksid tähistatakse indeksiga ..._B, näiteks A_B, B_B, B_B, A_B Γ_B. Hetinakside põhilised omadused: $\rho = 10^{10} - 10^{12} \Omega \text{ cm}$; $\rho_s = 10^{11} \Omega$; $E_{11} = 16 - 30 \text{ kV/mm}$; $\epsilon = 7 - 8$; $\tan \delta = 0,1 - 0,07$. Hetinaksi elektriline tugevus

sõltub materjali paksusest ja on ka risti ja piki kihte erinev. Veeimavus 0,3 - 0,7 %. Niiskuskindluse suurendamiseks tuleb hetinaksist tooteid (nad on ju mehhaaniliselt töödeldud) piirituses lahustatud bakeliitvaiguga immutada ja seejärel kuivatada. Happed ja leelised toimivad hetinaksile kahjulikult. Kasutatakse montaažplaatide, transformatori karkasside, tugipukside jms. valmistamiseks.

Bakeliitvaiguga immutatud paberil on $E_{11} = 6 \text{ kV/mm}$, kasutatakse transformatori poolide mähkimisel kihtidevahelise isolatsioonina.

Polgeeritud hetinaks. Hetinaksi pinnale on kantud õhuke 0,05 mm paksune vaskfolga, kasutatakse trükitud skeemide valmistamisel.

Dekoratiivne hetinaks. Tema pealne kiht on spetsiaalne katte- või tekstuurpaber. Harilik hetinaks on tumepruun ja seetõttu viimistlusmaterjalina ühekülgne, dekoratiivse hetinaksi pinnal võivad olla mitmesugused mustrid, kirjad, graveeringud. Enne materjali mehhaanilist töötlemist tuleb teda soojendada 4 - 5 min. 100° C juures, et ta töötlemisel ei möraneks. Kasutatakse elektreonikaaparaatuuri, raadiovastuvõtjate, televiisorite jms. juures viimistlusmaterjalina.

Tekstoliit on analoogiline hetinaksiga, kuid paberi asemel on tema valmistamisel kasutatud täidisena puuvilliriet (mitkal, staapel, batist, bjass jne.). Võrreldes hetinaksiga on tekstoliit mehhaaniliselt paremini töödeldav, kuid elektriliste omaduste poolest halvem. $\zeta = 10^{10} \Omega \text{cm}$; $E_{11} = 6 - 12 \text{ kV/mm}$; $\xi = 8$; $\text{tg } \delta = 0,07$; veeimavus 1 %. Elektrotehnilist tekstoliiti toodetakse mitut marki (A, B, B, B4, Г jne.) ja konstruktsioonitekstoliiti ПТ, ПТК. Kasutatakse vähem tähtsamate aparatuuridetailide (kinnitusliistud, montaažplaadid, tugipuksid jms.) ja löögikoormusele töötavate detailide valmistamisel.

Klaastekstoliit saadakse fenoolfomaldehüd-, ränior-
gaanilise või epoksüüdväigu ja klaasriide (-lõuendi) kuum-
pressimisel. Toodetakse kahte liiki: elektrotehnillist (CT,
CTV, CTK, CTФ, CT-ЭП) ja konstruktsioonilist (mark КАСТ).
Uuemat ajal toodetakse ka folgeeritud klaastekstoliiti
(CФ - 1; CФ - 2) paksusega 1 - 2,5 mm. Põhilised omadused:
 $\rho = 10^{14} \text{ } \Omega \text{ cm}$; $E_{11} = 18 - 20 \text{ kV/mm}$; $\text{tg } \delta = 0,003$; tihe-
dus 1,6 - 1,7 g/cm³. Lubatav töötemperatuur kuni 180° C.

Eboniit valmistatakse kautšukist. Oma omadustelt on
eboniit kõva, viskoosne, löögikindel, valgust mitteläbi-
laskev, mehhaaniliselt hästi töödeldav materjal. On hästi
poleeritav. Puuduseks on kuumakartlikkus. Eboniidi pinna-
takistus väheneb päikesevalguse mõjul (oksüdeerub), mida on
võimalik taastada, pestes eboniidist detaili pinda nuusk-
piiritusega või destilleeritud veega seni, kuni kaovad kol-
lased täpid; kui detaili möödud ei ole olulised, siis tuleks
detail üle poleerida. Toodetakse lehtmaterjalina (paksus
0,5 - 32 mm) ja varrastena (läbimõõt 5 - 75 mm). Põhilised
omadused: $\rho = 10^{14} - 10^{15} \text{ } \Omega \text{ cm}$; $E_{11} = 15 \text{ kV/mm}$;
 $\text{tg } \delta = 0,01 - 0,015$; veeimavus 0,15 %. Kasutatakse pimen-
datud fotoelementide karpide jt. detailide valmistamisel.

Polüetüleen on etüleen (C_2H_4) polümeer. Toodetakse
kahte marki: 1) kõrgrõhu (madalmolekulaarne) polüetüleen,
2) madalrõhu (kõrgmolekulaarne) polüetüleen. Ta on niis-
kuskindel (veeimavus 0,03%), keemiliselt püsiv (ainult
kontsentreeritud lämmastikhape rikub materjali ära). La-
hustub tetrakloorsüsinikus, kloreformis, toluoolis, ksüloo-
lis jne. Polüetüleen on lõhnata, gaase mitteläbilaskev,
vibratsioonile ja kulumisele vastupidav.

Polüetüleen kasutatakse laialdaselt majapidamistar-
vete, kanalisatsiooni-, vee, kütetorude ja konstruktsioo-
nimaterjalina aparaadiehituses. Töötlemiseks sobivad kõik
termilise (valu, pressimise) ja mehhaanilise töötlemise
võtted.

Polüetüleenil põhilised omadused.

O m a d u s	Polüetüleen	
	kõrgrõhu- polüetüleen	madalrõhu- polüetüleen
Eritakistus ρ (Ωcm)	10^{17}	10^{17}
Elektriline tugevus E_{11} (kV/mm)	45 - 60	45 - 60
Dielektriline läbita- vus ($f = 10^6$ Hz) ϵ	2,2 - 2,3	2,3 - 2,4
Kaonurga $\text{tg}\delta$ ($f = 10^6$ Hz), $\text{tg}\delta'$ kuni	0,0004	0,0002 - 0,001
Veeimavus %	0,01	-
Tihedus g/cm^3	0,93	0,95
Paindetugevus kG/cm^2	120 - 170	200 - 380
Survetugevus kG/cm^2	125	-
Katketugevus kG/cm^2	120 - 160	220 - 400
Pehmenemistemperatuur $^{\circ}\text{C}$	108 - 120	125 - 200

Polüpropüleenkile on niiskuskindel, ei lahustu üheski lahustis, õlikindel, läbipaistev (samasugune tsellofaaniga), võrreldes polüetüleeniga on mehhaaniliselt tugevam ja kuuma-kindlam. Teiste omaduste poolest analoogiline polüetüleeniga.

Polüstürool. Saadakse stürooli polümeriseerimisel. Toodetakse kahte liiki marke: Π - elektriisolatsioonimaterjal, T - tehniline materjal. Lahustub bensoolis, toluoolis, butüülatsetaadis. Vastupidav piiritusele, hapetele (peale lämmastikhappe), leelistele, osoonidele. Põhilised omadused: $\rho = 10^{16} - 10^{17} \Omega\text{cm}$; $\epsilon = 2,2 - 2,3$; $E_{11} = 25 - 40 \text{ kV/mm}$;

$\text{tg } \delta = 4,5 \cdot 10^{-4}$; veemavus 0,08%; tihedus 1,05. Polüstürooli suureks puuduseks on väike mehhaaniline vastupidavus, ei ole kuumakindel, mittevastupidav bensiinile, õlile. Kasutatakse kõrgsageduspoolide karkasside, ühendusdetailide, kõrgsageduskaablite, kondensaatorite (dielektrikuna) jms. valmistamisel.

Fluorplast-4 saadakse tetrafluoretüleen (tetrafluoreteeni) polümerisatsioonil. Ta on valget värvi (fluorplast-4 kile on sinakasvalge), käega katsumisel meenutab parafiini. Keemiliselt püsivuselt ületab fluorplast-4 isegi kulla ja plaatina, ta ei märgu vedelikega. Lubatav töötemperatuur ulatub $+250^{\circ}\text{C}$ -ni. Põhilised omadused: $\epsilon = 1,5 \cdot 10^{17} \Omega\text{cm}$; $E_{11} = 25 - 27 \text{ kV/mm}$; $\epsilon = 1,9 - 2,2$; $\text{tg } \delta = (2 - 4) \cdot 10^{-4}$, tihedus $2,1 - 2,3 \text{ g/cm}^3$, tõmbetugevus $140 - 250 \text{ kg/cm}^2$. Fluorplast-4 on väga hea dielektrik, teda kasutatakse kõrgsageduslikes kuplungites ja kaablites, kondensaatorite dielektrikuna jms. Materjali puuduseks on külmvoolavus. Materjali inglispärane nimetus on flown, ameerikapärane teflon.

Kondensaatoripaber. Toodetakse tselluloosist kahte liiki marki - KOH-1 ja KOH-2 (suurendatud tihedusega). Paberi paksus on $6 - 24 \mu\text{m}$. $E_{11} = 30 \text{ kV/mm}$; $\epsilon = 2,5 - 3$; $\text{tg } \delta = 0,01$. Materjali puuduseks on kiire vananemine ja temperatuuri tõusul muutub hapraks. Kasutatakse kondensaatorite jms. valmistamiseks.

Kaablipaber. Toodetakse marke K-08, K-12, K-17. Kasutatakse kaablite valmistamisel. $E_{11} = 8 - 9 \text{ kV/mm}$; $\epsilon = 2,5 - 3,5$; $\text{tg } \delta = 0,02$.

Telefonipaber on $0,05 \text{ mm}$ paks, toodetakse KTK (punane); KTC (sinine); KT3 (roheline); KTH (kollane); $E_{11} = 8 \text{ kV/mm}$; $\epsilon = 3$; $\text{tg } \delta = 0,02$.

Klepppaber on $0,03 \text{ mm}$ paks. ühelt küljelt sile. Kasutatakse elektrotehnilisest terasest lehtede (transformaatori plekkide) isoleerimisel.

Elektrikartong (presspapp). Toodetakse mitut liiki marke 3M (pehme), 3BT, 3BC, 3A; rullmaterjalina paksusega 0,1 - 0,8 mm ja lehtedena paksusega 1 - 3 mm. $E_{11} = 11 - 13 \text{ kV/mm}$; $\epsilon = 2,5 - 3$; $\text{tg } \delta = 0,03$. Kasutatakse transformaatorite mähiste valmistamisel viimase kaitsekihina jm.

Lakkriide saadakse puuvill- või siidriide immutamisel isoleerlakiga. Vastavalt margile (MX või MM) saame valkjaskollase materjali, bituumenlike õlide puhul musta. Valkjaskollased lakkriided on mehhaaniliselt vastupidavad ja õlikindlamad. Mustad lakkriided on paremate dielektriliste omadustega, kuid õlikartlikud. Kasutatakse transformaatorite, drosselite mähiste isolatsioonimaterjalina.

Räniorgaanilised lakid ja emailid on heade elektriliste omadustega, niiskus- ja kuumakindlad. Toodetakse 30-1; 30-3; 30-5; K-43; K-44; K-47; K-55 jne. Kasutatakse kõrgetel temperatuuridel töötavate klaaskiudmaterjalide ja vilgukivi katmiseks.

Emailid (lisades lakkidele värvaineid, saamegi emailid). Emaille kasutatakse dekoratiivsetel viimistlustöödel, ühtlasi kaitsevad emailid detaili (sõlme) ilmastiku mõjude eest. Dekoratiivse emailina on tuntuim vasarlakk, mis on elastne, kõva, hästi kleepuv, vastupidav nõrkadele leelistele, õlidele.

Mähisetraadid ПЗМ, ПЗМV on kaetud õli-vaik-emaillakiga, ПЗТ aga glüftaal-emaillakiga, mähisetraatidel ПЗБ tüüp vinifleks-lakk, ПЗМ traatidel metalvinit-lakk jne.

Parafiin on valge kristalliline aine tihedusega $0,85 - 0,9 \text{ g/cm}^3$; sulamistemperatuur $50 - 55^\circ \text{C}$; $\epsilon = 10^{15} - 10^{17} \text{ } \Omega\text{cm}$; $\epsilon = 1,9 - 2,2$; $\text{tg } \delta = (3 - 7) \cdot 10^{-4}$; $E_{11} = 20 - 30 \text{ kV/mm}$; veeimavus on praktiliselt null, ta ei märgugi.

Kompaundid on vaikude, õlide, bituumenite, tselluloosiestrite jt. vahataoliste ainete sulamid või segud. Sõltu-

valt komponentidest võivad kompaundid olla termoplastilised (bituumenid, õlid jms.) ja termoreaktiivsed (epoksiid-, polüestervaigud jms.). Kasutatakse elektroonikaaparaatide ehitamisel immutus- või valamismaterjalina, et kaitsta aparaatuuri detaile ja sõlmi ilmastikumõjude eest ja tõsta isolatsiooniomadusi.

2. Anorgaanilised dielektrikud.

Vilgukivi. Isolatsioonimaterjalina on vilgukivi väga heade omadustega. Ta on kihiline mineraal (dielektrik), mida saab kergesti lehtedeks muuta, eksisteerib mitmel kujul. Elektrotehnikas on tähtsamad muskoviit (helepunane, rohekas, roosakas, värvusetu jt. värvusi) ja flogopiit (merevaikkollane või pruunikas - üldiselt tumedad värvitoonid).

Vilgukivi on kihiline materjal ja seepärast on tema põhilised omadused piki või risti kihti erinevad. Muskoviidi omadused piki kihti $\epsilon = 10^9 \text{ } \Omega\text{cm}$; $\text{tg } \delta \approx 0,1$; veeimavus on küllalt suur; risti kihti, siis $\epsilon = 10^{15} \text{ } \Omega\text{cm}$; $\epsilon = 6 - 8$; $E_{11} = 200 \text{ kV/mm}$; $\text{tg } \delta = 0,0001 - 0,0003$; veeimavus 0,3%. Flogopiidi omadused risti kihti on $\epsilon = 10^{13} \text{ } \Omega\text{cm}$; $\epsilon = 6 - 7$; $\text{tg } \delta = 0,005$; $E_{11} = 100 \text{ kV/mm}$. Piki kihti on flogopiidil muskoviidiga samad omadused. Vilgukivi kasutatakse põhiliselt kondensaatorite, isolaatorite jms. valmistamisel.

Mikaleks saadakse jahvatatud vilgukivi (60 %) ja boor-naatriumbaariumklaasi (40 %) kuumpressimisel. Mikaleks ei ole hügrokoopne, ta on kuumakindel, kaarekindel ja armeeritav (pressitakse sisse metallist detailidele). Põhilised omadused: $\epsilon = 10^{12} - 10^{14} \text{ } \Omega\text{cm}$; $\text{tg } \delta = 0,003 - 0,01$; $\epsilon = 6 - 8$; $E_{11} = 10 - 20 \text{ kV/mm}^2$. Kasutatakse kronsteinide, ümberlülitite jms. valmistamisel.

Asbest on samuti kihiline isolatsioonimaterjal. Ta on hügrokoopne, lahustub isegi nõrkades hapetes, kuumakindel. Kasutatakse soojusisolatsioonina elektrisoojendus-seadmetes. Asbesttsemendist (asbesti ja tsemendi segu) valmistatakse ümaraid traatreostaatide aluseid, plaate ja tahvleid elektrikilpide alusteks.

Elektriisolatsioonklaas on amorfne termoplast. Ta on keemiliselt, mehhaaniliselt ja elektriliselt vastupidav, kuumakindel, kuid habras materjal. Klaasisorte on väga palju. Elektriliselt on vastupidavam kvartsklaas. Kasutatakse elektrilampide, balloone, torude jms. valmistamiseks.

Portselan on elektrotehniline keraamiline materjal. Ta ei ole hügrokoopne, vastupidav keemilistele, mehhaanilistele mõjudele, kuumakindel, niiskuskindel jne. Põhilised omadused: $\rho = 10^{13} - 10^{14} \Omega\text{cm}$; $\epsilon = 5,5 - 7,5$; $\text{tg } \delta = 0,02 - 0,04$; $E_{11} = 25 - 28 \text{ kV/mm}$. Portselani kasutatakse kõrgepingeliinide, sideliinide isolaatorina, installatsioonitoodete (lülitid, harukarbid jms.) isolaatoritena jm.

Steatiit on samuti elektrotehniline keraamika, mida saadakse looduslikust talgist. Põhilised omadused: $\rho = 10^{12} - 10^{13} \Omega\text{cm}$; $\epsilon = 6 - 7$; $\text{tg } \delta = (3 - 8) \cdot 10^{-4}$; $E_{11} = 20 \text{ kV/mm}$, toodetakse mitmeid marke: C-4; C-55; B-17 jne. Kasutatakse spetsiaalsete kondensaatorite valmistamisel ja mitmesugustes kõrgsagedusseadmetes.

Termokond on spetsiaalne kondensaatorite valmistamise keraamiline materjal. Tema omadused sõltuvad väga vähe temperatuurist. Peale suure kuumakindluse nõutakse termokondidelt mõnikord ka mehhaanilist tugevust. Kasutatakse stabiilsete kontuurkondensaatorite valmistamiseks. Põhilised omadused: $\rho = 10^{11} \Omega\text{cm}$; $\epsilon = 20 - 25$; $\text{tg } \delta = (5 - 7) \cdot 10^{-4}$; $E_{11} = 10 - 15 \text{ kV/mm}$.

Tikond on samuti kondensaatorite valmistamiseks kasutatav keraamiline materjal. Põhilised omadused: $\rho = 10^{12} - 10^{13} \Omega\text{cm}$; $\text{tg } \delta = (6 - 15) \cdot 10^{-4}$; $E_{11} = 10 \text{ kV/mm}$. Toodetakse marke T-30; T-60; T-80; T-150 jt. Mahtuvuse temperatuuritegur on tikondidel negatiivne.

Senjettkeraamika (iseloomulik on suur dielektriline läbitavus). Kõige levinum senjettkeraamiline materjal on baariumtitaanaat (tibar) BaTiO_3 , toodetakse marke CM-1; T-1700; T-3500 (number tähistab viimasel kahel dielektri-

list läbitavust) ja varikondi (Bk). Põhilised omadused:
 $\rho = 10^{10} \Omega \text{cm}$; $\text{tg } \delta = 0,01 - 0,05$; $E_{11} = 2,5 \text{ kV/mm}$; $\epsilon = 1700 - 4000$.

Kasutatakse väikesemõõtmeliste kondensaatorite, dielektriliste võimendite, modullaatorite jms. valmistamiseks. Suure dielektrikuskao tõttu kasutatakse tooteid madalatel sagedustel. Senjettkeraamilistest materjalidest toodetakse järgmisi kondensaatoreid: KDK ; KDM , KDU , KDO , KDC , KTK , KTH , KTK , KO , KTH , KTHC , KBE , KKK jne.

III. Juhid.

Elektrijuhtideks nimetatakse aineid, mis juhivad elektrivoolu, nende elektriline eritakistus on suurusjärgus $10^{-7} - 10^{-3} \Omega \text{cm}$. Eritakistuse mõõtühikuks võib olla nii Ωcm kui ka $\Omega \text{mm}^2/\text{m}$. Parimateks elektrijuhtideks on hõbe (eritakistus 0,016), vask (0,0172), alumiinium (0,028) jt. Elektrijuhte võime iseloomustada ka nende erijuhtivuse kaudu ja vastavalt on erijuhtivus hõbedal 65,8, vasel 57, alumiiniumil 35,7 $\text{m}/\Omega \text{mm}^2$.

Elektrijuhtideks võivad olla nii mustad kui värvilised metallid või nende sulamid, elektrotehniline süsi, mitmesugused vedelikud (elektrolüüdid) ja teatud tingimustes (ioniseeritud olukorras) gaasid.

Tahked elektrijuhid (mustad ja värvilised metallid ning nende sulamid) võime jagada kahte suurde rühm: 1. Väikese eritakistusega materjalid, nende juhtivus on suur. Kasutatakse elektrijuhtmete, kaablite, montaažjuhtmete, mahisetraatide jms. valmistamiseks. 2. Suure eritakistusega materjalid, nende juhtivus on väike. Kasutatakse mitmesuguste traattakistite, reostaatide, küttekehade, termopaaride jms. valmistamiseks.

Elektroonikaaparatuuri valmistamise seisukohalt on tahked elektrijuhid (mustad ja värvilised metallid, nende sulamid) kõige enam kasutatavad. Tahkete elektrijuhtide

esimesse rühma kuuluvad raud, rauasulamid (terased, legeeritud terased jt. terase sordid), vask, valgevask, pronksid, alumiinium, duralumiinium, nikkel, volfram jt. värvilised metallid. Samaaegselt kasutatakse neid materjale rohkem konstruktsioonimaterjalidena šassi, aparaadi kasti, varjeekraanide, radiaatorite jms. valmistamisel ja seepärast on loomulikum vaadelda neid materjale lähemalt konstruktsioonimaterjalide all.

Elektrijuhtide käsitlemisel tutvume lähemalt väikese eritakistusega materjalidest (vask, alumiinium jne.) valmistatud montaažjuhtmetega, mähisetraatidega, koaksiaalkaablitega jne. aparaadiehituse seisukohalt ja suure eritakistusega materjalidega, mille erijuhtivus on väike, nagu mangaanin, konstantaan jne.

1. Väikese eritakistusega juhtmematerjalid.

Elektroonikaaparatuuri valmistamisel kasutatakse laialdaselt mitmesuguseid vask- ja alumiiniumjuhtmeid ning mitmesuguseid voolujuhtivaid elemente. Järgnevalt on toodud andmed enam kasutatavate mähisetraatide, montaažtraatide (-juhtmete), nõorjuhtmete ja raadiokaablite kohta.

a. M ä h i s e t r a a d i d. Mähisetraate kasutatakse elektroonikaaparaatide valmistamisel mitmesuguste transformatorite, drosselite, poolide jms. kerimisel.

ПЗМ (ПЗМ-1, ПЗМ-2, ПЗМВ) on vasktraat emailleeritud õli-vaik-emaillakiga. Maksimaalne lubatud töötemperatuur $+105^{\circ}\text{C}$. Vaikude ja emailide omadusi vt. ptk. "Dielektrikud".

ПЗБ-1, ПЗБ-2 on vasktraadid, emailleeritud viniflekslakiga. Number traadi margi taga näitab viniflekslaki kihide arvu. Maksimaalne lubatud töötemperatuur on $+120^{\circ}\text{C}$.

ПЗМ, ПЗТ on vasktraadid, millest esimene on emailleeritud metalviniga ja teine glüftaal-emaillakiga. Maksimaalne lubatud töötemperatuur on $+125^{\circ}\text{C}$.

ПЗТБ on vasktraat, emailleeritud kuumakindla lakiga (130°C).

ПБ0, ПБД on vasktraadid, isoleeritud vastavalt ühekihilise ja kahekihilise puuvillriide-isolatsiooniga (+105° C).

ПЭЛБ0 on vasktraat, mille emailleeritud õli-vaik-emaillakile on lisatud ühekihiline puuvillriide-isolatsioon (+105° C).

ПЭЛМ0 ja ПЭЛМК0 on vasktraadid, mille emailleeritud õli-vaik-emaillakile on lisatud vastavalt ühekihiline siidisolatsioon ja ühekihiline siidi ja kaprooni isolatsioon. Maksimaalne lubatud töötemperatuur on +105° C.

ПСД on vasktraat, mille lakile on lisatud klaaskiudisolatsioon (+155° C).

ПЭТКС0 on vasktraat, emailleeritud kuumakindla lakiga, millele on lisatud ränioorgaaniliste vaikudega immutatud klaaskiudisolatsioon (+180° C).

b. M o n t a a ž j u h t m e d. Elektroonikaaparatuuri montaažil kasutatakse väga mitmesuguseid juhtmeid: isolatsiooniga ja ilma, ühekiulisi ja mitmekiulisi jne. Montaažjuhtmete ülesandeks on tagada aparaadis hea galvaaniline ühendus elektroonikadetailide ja -sõlmede vahel. Kasutades erineva värvusega või erinevat marki montaažjuhtmeid, on kerge orienteeruda aparaadi montaažskeemis nii tema valmistamisel, ekspluatatsioonil ja remondi ajal, aga samuti on tehtud töö välimus parem.

Montaažjuhtmete isolatsiooni kiht on valmistatud sõltuvalt tema kasutamise otstarbest, nii näiteks kõrgsagedusahelates kasutame isoleerimata (hõbetatud) vaskjuhtmeid (margid MM, МТМ, МТ jne.). Peale nende juhtmete valmistatakse mitmesuguse isolatsiooniga (lakid, puuvillriie, kummi, polükloorvinüül, fluorplast, klaaskiud, siid jms.) montaažjuhtmeid.

Montaažjuhtmete valmistamisel kasutatakse põhiliselt vaske.

MM, isolatsioonita pehme vaskjuhe, hõbetatakse või tinatakse vahetult enne kasutamist. Kasutatakse enamasti

kõrgsageduslike, aga ka madalsageduslike (mööteaparatuur jms.) skeemide montaažil. Isolatsioonita vaskjuhtmed valmistatakse küllaltki jämedad ja seetõttu saame jälgida ja võrdlemisi lühikesed ühendusjuhtmed, mis omakorda garanteerib stabiilse ja väikese montaažimahtuvuse.

MTM on samuti isolatsioonita, kuid hõbetatud pehme vaskjuhe. Omadused ja kasutusala analoogilised eelmise montaažjuhtmega (MM).

MPT on kummiisolatsiooniga, painduv montaažjuhe. Toodetakse mitut sorti (erinevad ristlõiked 0,35; 0,5; 0,75; 1,0; 1,5 mm² jms.). Lisades margile tähe П (MPTП), saame kummi ja puuvillriide isolatsiooniga painduva montaažjuhtme, lisades aga tähed ПЭ (MPTПЭ), saame lisaks eespool nimetatule veel ekraneeritud montaažjuhtme, täht П aga näitab lakikihi olemasolu (MPTП).

ПМВ on polükloorvinüül(viniliit-)isolatsiooniga ühekiuline montaažjuhe, toodetakse ristlõikepindalaga 0,2; 0,35; 0,5; 0,75 mm², ПМОВ on samuti ühekiuline polükloorvinüülpuuvillriide isolatsiooniga montaažjuhe. Täht Г (ПМВГ) tähendab, et juhe on painduv, ПМВЭ on ekraneeritud polükloorvinüülisolatsiooniga montaažjuhe. Kasutatakse normaaltingimustes töötava aparatuuri sõlmede valmistamisel.

ММВ on siid-polükloorvinüülisolatsiooniga ühekiuline ja ühesooneline montaažjuhe. Toodetakse ristlõikepindalaga 0,07; 0,12; 0,2; 0,35; 0,5; 0,75; 1,0; 1,5 mm². Juhe ММВВ on samuti siid-polükloorvinüülisolatsiooniga, aga painduv, mitmekiuline. ММВВЭ on ekraneeritud montaažjuhe. Kasutatakse niiskuskindlate skeemide montaažil (õhu suhteline niiskus kuni 98 %), lubatud temperatuuripiirkond -50 - +70° C ja lubatud tööpinge kuni 1000 V.

БПВЛ on puuvillriide, polükloorvinüülisolatsiooni ja lakikihiga kaetud mitmekiuline juhe. БПВЛЭ on sama isolatsiooniga, aga ekraneeritud montaažjuhe. Mõlemaid juhtmeid toodetakse ristlõikepindalaga 0,35 - 95 mm². Juhtmete isolatsioon on vastupidav vee, õlide, enamiku hapete ja lahus- tite (bensiin, piiritus jms.) mõjudele. Kasutatakse mit-

mesugustes keskkondades töötavate aparatuuriblokkide montaažil.

MITΦ on painduv, mitmekiuline, kuumakindla fluorphlastisolatsiooniga. Toodetakse ristlõikepindalaga 0,07; 0,10; 0,14 mm². MITΦΘ on samuti painduv, kuumakindla fluorphlastisolatsiooniga, kuid ekraneeritud. Toodetakse ühe kuni neljasoonelist ühise ekraankihiga ja vastavad ristlõikepindalad tähistatakse 2 x 0,07; 3 x 0,14 jne. Montaažjuhe MITΦΛ on analoogiline eespool toodutega, aga lakikihihiga, MITΦΛΘ on aga lisaks veel ekraneeritud. Viimast kahte marki juhet toodetakse ristlõikepindalaga 0,1; 0,14; 0,2; 0,25; 0,35; 0,5; 0,75; 1; 1,5 mm². Kasutatakse kuumakindlate aparaadisõlmede valmistamiseks. Lubatud töötemperatuur -60 - +200° C.

MTCL on painduv, mitmekiuline, lakikihihiga klaaskiudisolatsiooniga juhe. Toodetakse ristlõikepindalaga 0,2; 0,35; 0,5; 0,75; 1,0; 1,5 mm², MTÉCL on analoogiline, aga lisaks on polükloorvinüülisolatsioon, toodetakse veel ristlõikepindalaga 2,0; 3,0; 5,0 mm². MTUCL on lisatud tsellofaanisolatsioon, toodetakse veel ristlõikepindalaga 2,5; 4,0 mm², MTCLΘ, MTUCLΘ on aga ekraneeritud montaažjuhtmed. Kasutatakse kuumakindlate või suurendatud voolutiheidusega montaažjuhtmetena aparatuuri valmistamisel.

ΠΒΓ on painduv, mitmekiuline, vulkaniseeritud kummiisolatsiooniga kõrgepingejuhe, ΠΒΛ on mitmekiuline kuumakindel, õlikindel kõrgepingejuhe, ΠΒΛΘ aga lisaks eelnevale ekraneeritud. Lubatud tööpinge ulatub 20 kV-ni. Toodetakse ristlõikepindalaga 1,3 mm².

ΠΠΟ on mitmekiuline kummiisolatsiooniga juhe. Isolatsiooniomaduste parandamiseks on lisatud immutatud puuvillriide kiht. Toodetakse kahesoonelisi juhtmeid, ühe soone ristlõikega 0,35; 0,5; 0,75; 1,0; 1,5; 2,5; 4,0; 6,0; 10,0 mm². ΠΠΟΘ on ekraneeritud ΠΠΟ juhe.

ΠΠΠ on samuti mitmekiuline kahesooneline kummiisolatsiooniga juhe, kuid puuvillriide kihi asemel on lisatud täiendav kummiisolatsioon ja ΠΠΠΘ on ekraneeritud ΠΠΠ

juhe. Juhtmed $\Pi\Pi\Pi$ ja $\Pi\Pi\Pi$ on sarnased $\Pi\Pi\Pi$ -ga, kuid soonte arv on erinev. Kasutatakse erinevate aparaadiblokkide omavahelisteks ühendusteks, aparatuuri toitejuhtmetena ja mujal.

$\Pi\Pi\Pi$ on kloorvinüülisolatsiooniga mitmekiuline kahe-sooneline nõorjuhe. Toodetakse ristlõikepindalaga $2 \times 0,35$; $2 \times 0,5$; $2 \times 0,75 \text{ mm}^2$. $\Pi\Pi\Pi$ on kummiisolatsiooniga ja puuvillriide kihiga mitmekiuline kahe-sooneline nõorjuhe. Toodetakse ristlõikepindalaga $2 \times 0,5$; $2 \times 0,75 \text{ mm}^2$. $\Pi\Pi\Pi$ on kummiisolatsiooniga ja puuvillriide kihiga mitmekiuline kahe-sooneline nõorjuhe, toodetakse ristlõikepindalaga $2 \times 0,5$; $2 \times 0,75$; $3 \times 0,75 \text{ mm}^2$. $\Pi\Pi\Pi$ on analoogiline $\Pi\Pi\Pi$ -ga, kuid tal on puuvillriide kihi all lahtine puuvillõng. Juhtmemargid, nagu $\Pi\Pi\Pi$, $\Pi\Pi\Pi$, $\Pi\Pi\Pi$, $\Pi\Pi\Pi$ jt. on samuti mitmekiulised, kahe- või enamasoonelised nõorjuhtmed. Kasutatakse aparatuuri toitejuhtmetena, kõrvalklappide ühendusjuhtmetena jpt. kohtades.

Kõrgsageduskaablid on kasutusel kõrgsagedusblokkides (tööpiirkond kuni 3000 MHz). Kõrgsageduskaablite isolatsioonimaterjalina kasutatakse polüetüleen või fluorpõlasti, viimastel on väikesed kaod kõrgetel sagedustel. PK-tüüpi (радиочастотный концентрический) on ühekiuline ühesoone-line kõrgsageduskaabel, РД-tüüpi (радиочастотный двойной) on ühekiuline kahe-sooneline kõrgsageduskaabel. Kõrgsageduskaableid iseloomustatakse veel lainetakistusega.

2. Suure eritakistusega juhtmematerjalid.

Suure eritakistusega juhtmematerjalidest valmistatakse mitmesuguseid traatpotentsiomeetreid, traattakisteid, traatreostaate, küttekehasid ja termoelemente.

Suure eritakistusega (väikese erijuhtivusega) juhtmematerjalid jaotame kahte suurde rühma: 1) takistussulamid ja 2) kuumakindlad sulamid. Esimestest valmistatakse täppistakisteid ja reostaate, viimastest aga küttekehasid ja termopaare. Kuumakindlate sulamite iseärasuseks on see, et nad taluvad kõrgeid temperatuure, ilma et nende mehhaanilised või elektrilised omadused muutuksid.

Manganiin on takistussulam, ta sisaldab 86 % vaske, 12 % mangaani ja 2 % niklit, manganiini eritakistus on 0,43 $\Omega\text{mm}^2/\text{m}$. Peale hariliku manganiini on loodud ka te-
ma erisort, nn. uusmanganiin, mille koostiseks on 5 - 16%
vaske, 67 % mangaani ja 16 - 30 % niklit, uusmanganiini eri-
takistus on piirides 1,9 - 2,2 $\Omega\text{mm}^2/\text{m}$.

Konstantaan on üks levinumatest takistussulamitest, ta sisaldab 60 % vaske ja 40 % niklit, konstantaani eritakis-
tus on suurusjärgus 0,48 - 0,52 $\Omega\text{mm}^2/\text{m}$. Võrreldes manga-
niiniga on konstantaani termoelektromotoorne jõud (vasega
paaris) palju suurem ja seepärast valmistatakse täppistakis-
tid manganiinist.

Manganiinist ja konstantaanist toodetakse mitmesuguseid takistustraate.

Kroomnikkel on kuumakindel sulam, ta koosneb, nii nagu nimetusk-
i ütleb, kroomist ja niklist.

Ferrokroomnikkel on samuti kuumakindel sulam, ta koos-
neb rauast, kroomist ja niklist.

Kromaal ja fekraal on samuti kuumakindlad sulamid, esi-
mese koostises on kroom ja alumiinium, teise koostises aga
raud, kroom ja alumiinium.

Peale nimetatud suure eritakistusega metallist juhtme-
materjalide on veel terve rida mittemetallist elektrijuhte,
nagu looduslik grafiit, süsi, tahm jne. Viimati nimetatud
materjale kasutatakse lineaarste takistite valmistamisel.

3. Jootetina (joodis).

Jootetina on erisulamid, mida kasutatakse elektroonika-
detailide ja -sõlmede ja montaažjuhtmete kokkujootmiseks, aga
samuti ka metalliosade jms. ühendamiseks. Joodised jaotatakse
kahte suurde rühma: 1) pehmed joodised ja 2) kõvad joo-
dised. Nende erinevus on põhiliselt sulamistemperatuuris -
esimestel 60 - 400° C ja teistel >500° C. Vaatleme lähemalt
mõningaid enam kasutatavaid jootetinasid.

POC -90 on tina (89 - 90 %), antimoni (0,15 %) ja sea-
tina (plii) sulam. Sulamistemperatuur on 222° C. Kasuta-

takse galvaanilisele katmisele (hõbetamine jne.) kuuluvate detailide jootmisel.

ПОС -61 on tina (61 %), antimoni (0,8 %) ja plii (31 %) sulam. Sulamistemperatuur on 190° C. Kasutatakse vase, messingi ja hõbeda jootmisel.

НСК -50 on tina (50 %), kadmiumi (18 %) ja seatina sulam. Sulamistemperatuur 145° C. Kasutatakse keraamilisele alusele ühendatud vasest, valgevasest jt. materjalidest valmistatud detailide kokkujootmisel.

ПОС -40 on tina (39 - 40 %), antimoni (1,5 - 2,0 %) ja seatina sulam. Sulamistemperatuur on 235° C. Kasutatakse vähem tähtsate elektroonikaaparatuuri detailide ja sõlmede kokkujootmisel.

ПОС -18 on tina (17 - 18 %), antimoni (2,0 - 2,5 %) ja seatina sulam. Sulamistemperatuur on 277° C. Kasutatakse vähem tähtsate aparatuuri detailide ja sõlmede jootmisel.

Woodi sulam on tina (12,5 %), seatina (plii) (25 %), kadmiumi (20 %) ja vismuti (50 %) erisulam. Sulamistemperatuur on võrdlemisi madal + 60° C. Kasutatakse kuumust kartvate elektroonikadetailide ja -sõlmede jootmisel.

Авиа -1 on tina (55 %), kadmiumi (20 %) ja tsingi (25 %) erisulam, sulamistemperatuuriga 200° C. Kasutatakse alumiiniumist ja tema sulamitest valmistatud väikeste detailide jootmisel.

Авиа -2 on tina (40 %), kadmiumi (20 %), tsingi (25 %) ja alumiiniumi (15 %) erisulam, sulamistemperatuuriga 250° C. Kasutatakse samuti alumiiniumist ja tema sulamitest valmistatud detailide kokkujootmisel.

ПСрК -25 on tina (30 %), seatina (63 %), kadmiumi (5 %) ja hõbeda (2 %) erisulam, sulamistemperatuuriga 225° C. Kasutatakse vaakuumtihedate, madalatel temperatuuridel töötavate detailide jootmisel.

Ülaltoodud jootetina on kõik pehmed joodised, peale nende kasutatakse ka kõvajoodiseid, näiteks:

ПМЦ (vask-tinajoodis) on vase (36 - 54 %) ja tsingi (64 - 46 %) sulam, sulamistemperatuuriga 950° C. Kasuta-

takse puhta vase, valgevase, pronksi ja terase kokkujootmisel.

HCP (hõbejoodis) on hõbeda (25 - 70%), vase (30 - 40 %) ja tsingi (25 - 35 %) sulam. Kasutatakse roostevabast terasest, hõbedast, platinast, volframist, vasesulamitest jms. valmistatud detailide jootmisel.

MIT, A34, ПA-2 jt. on kõvajoodised alumiiniumi ja tema sulamite jootmisel. Nende koostises on alumiiniumi, räni, vaske ja isegi tsinki. Sõltuvalt kõvajoodise margist on nende sulamistemperatuur 410 - 550° C.

Jootetinasid kasutatakse koos räbustitega, viimaste ülesandeks on joodetavate pindade puhastamine mustusest ja oksiididest, oksüdeerumise vältimine jootmise ajal, joote-tina voolavuse tõstmine ja tina nakkumisvõime suurendamine kokkujoodetavate pindadega. Pehmejoodistega koos kasutatakse elektroonikas harilikult kampilit, jootepestat jms., kõvajoodistega koos aga booraksit, booraksi, boorhappe ja kaaliumkloriidi segu jt. materjale.

IV. Pooljuhid.

Pooljuhid on oma olemuselt dielektrikute ja elektrijuhtide vahepealsed materjalid, s.t. nende takistus on väiksem dielektrikute takistuse alampiirist ja kõrgem elektrijuhtide takistuse ülempiirist. Elektrijuhtide all on siin mõeldud kõiki musti ja värvilisi metalle, mille eritakistuse piirid on juhtide ptk. alguses ära toodud. Konstruktioonimaterjalide ptk-s vaadeldud metallid kuuluvad elektrijuhtide alla, kuid selles ptk-s on nad toodud just nende kasutusotstarbe pärast. Pooljuhtmaterjalide eritakistus on suurusjärgus $10^6 - 10^{-3} \Omega\text{cm}$, nende takistuse temperatuuritegur on negatiivne. Pooljuhtmaterjalid on valgustundlikud, neis esineb alaldusefekt, metallide suhtes omavad nad küllaltki suuri termopingeid jms. Pooljuhtmaterjalide omadustele avaldavad suurt mõju lisandid juba tühistes kogustes, aga samuti väliskeskkonna tingimused ja tingimuste muutumine.

Pooljuhtmaterjalidest valmistatakse diode, transistore, aga samuti kristalldetektoreid, termistore, fototakisteid, varistore, Halli andureid jms. Pooljuhtmaterjalide baasil valmistatakse termopatareisisid, päikesepatareisisid jms.

Seleen kuulub haruldaste elementide hulka. Ta on Mendelejevi elementide perioodsuse süsteemis kuuenda rühma element. Tahkes olekus võib seleen esineda kristalsel kui ka amorfisel kujul. Esimeses olekus on seleen pooljuhtmaterjal, teises aga dielektrik. Seeleni valgustamisel muutub tema takistus tunduvalt ja seepärast kasutatakse teda laialdaselt fotoelementide (fototakistite) valmistamisel. Viimaste abil on võimalik muuta valguse energiat elektrienergiaks. Varem valmistati materjalist ka seleensuunajaid.

Germaanium kuulub Mendelejevi elementide perioodsuse süsteemi neljandasse rühma. Germaaniumi saadakse kristalsel kujul germaaniumoksiidist või kloori ja väävlü ühenditest.

Ta on kõva ja erakorraliselt rabe materjal, kukkumisel ja põrutamisel puruneb väikesteks tükkideks, seetõttu on teda raske mehhaaniliselt töödelda. Teemantsaega on võimalik germaaniumi lõigata õhukesteks plaatideks, mida kasutatakse transistoride, diodide, fototakistite ja veel mitmesuguste andurite (näiteks magnetvälja tugevuse mõõtmisel, signaalide modulleerimisel ja detekteerimisel, madalate temperatuuride mõõtmisel jne.) valmistamisel.

Räni on Mendelejevi elementide perioodsuse süsteemi neljanda rühma element. Peale puhta räni on pooljuhtseadiste valmistamiseks kasutusel ka tema ühendid teiste elementidega, näiteks süsinikuga - ränikarbiidid jpt. Võrreldes germaaniumiga on räni sulamistemperatuur tunduvalt kõrgem (1420°C), germaaniumil aga $958,5^{\circ}\text{C}$, ka tema eritakistus on märkimisväärselt suurem võrreldes eespool toodud pooljuhtmaterjalidega. Ränist või tema ühenditest

valmistatud pooljuhid on töökindlamad, neid võib kasutada palju halvemates tingimustes töötava elektroonikaaparatuuri ehitamiseks. Kasutatakse diodide, transistoride jne. valmistamiseks. Ränikarbiidist valmistatakse varistore, ignitroonseid süütajaid jms.

Peale kirjeldatud pooljuhtmaterjalide võiks veel nimetada mitmesuguste metallide okside, väävli ja hõbeda ühendeid jms., kuid need materjalid on vähem kasutatavad ja seetõttu neid käesolevas töös ei tutvustata.

V. Magnetilised materjalid.

Magnetilised materjalid täidavad elektrotehnikas ja elektroonikas tähtsaid funktsioone, neist valmistatakse transformaatorite ja drosselite südamikke, elektromagneeteid, püsimagneeteid, mõõteriistade detaile, magnetvarjeid jms.

Tehnika seisukohalt enam kasutatavad on ferromagnetilised ained (para- ja diamagnetilised ained ei sobi tehnilistesse konstruktsioonidesse oma magnetiliste omaduste pärast). Ferromagnetilistest materjalidest võiks nimetada rauda, koobaltit, niklit või nende sulameid, kroomi ja mangaani sulameid ja ferriite. Ferriidid on raudoksiidi ja mõne teise metalli oksiidid segaühendid.

Elektrotehnikas jaotatakse magnetilised materjalid kahte suurde rühma: magnetiliselt pehmed (kergest ümbermagneeditavad) ja magnetiliselt kõvad materjalid.

1. Magnetiliselt pehmed materjalid.

Karbonüülrauda saadakse pentakarbonüülraua lagunemisel vesinikhapendiks ja rauaks. Materjali kasutatakse magnetodielektrikute valmistamiseks.

Elektrotehniline teras on magnetiliselt pehme madalsageduslik materjal. Oma omaduste poolest on elektrotehniline teras elektrotehnikas ja elektroonikas asendamatu,

teda kasutatakse transformaatorite, drosselite, elektrimootorite, generaatorite, magnetvõimendite jt. sõlmede valmistamisel. Materjali nimetatakse tihti ka transformaatori rauaks vastava kasutusala tõttu. Et vähendada pöörisvoolukadusid südamikes, toodetakse elektrotehnilist terast lehepaksusega 0,20 - 1 mm. Et transformaatori rauas-kadu veelgi vähendada, toodetakse materjali ka 0,05 - 0,20 mm paksuselt, mis võimaldab transformaatori rauda kasutada ka kõrgsagedustransformaatorite ja drosselite valmistamisel.

Materjali kasutatakse ka legeeritult (lisatakse 0,8 - 4,8 % räni), mis omakorda vähendab pöörisvoolukadusid, kuid materjal muutub hapramaks ja tema eritakistus suureneb. Elektrotehnilise terase margi tähistuses näitab esimene number ränisisaldust protsentides (ümardatult). Toodetakse mitmeid marke, näiteks 3II, 32I, 33I, 34I, 343, 343A, 347, 348, 3310, 3330, 3330A, 3380 jne.

Permallei on raua ja nikli sulam. Permalleoil on väga suur esialgne magnetiline läbitavus nõrkades magnetväljades (15 - 20 korda suurem võrreldes elektrotehnilise terasega) ja väike koertsitiivjõud. Eritakistus on suur. Permallei on magnetiliselt pehme materjal ja tundlik deformatsioonidele, löökidele, survele. Toodetakse mitmeid marke, näiteks 79HMA, 80HXC, 45H, 50HII, 50HXC jne.

Erinevate markide tähistamisel näidatakse ära lisandite komponendid vastavate tähtedega: A - alumiinium, C - räni, X - kroom, Mo - molübdeen jne. Täht II näitab, et hüstereesisilmus on täisnurkne.

Alsifer on alumiiniumi, räni ja raua magnetiliselt pehme, kuid habras sulam. Alsiferil on kõrged (head) elektrilised ja magnetilised omadused. Alsiferist detailid harilikult valatakse, kasutatakse magnetiliste varjeekraanide, magnetjuhtide jms. valmistamisel.

Permenduur on raua, koobalti ja vanaadiumi magnetiliselt pehme sulam. Permenduuri küllastusinduktsioon on

suur. Materjali kasutatakse ostsillograafide, telefoni-membraanide, elektromagnetite, dünaamiliste valjuhääldite jms. valmistamisel.

Armkoraud on tehniliselt puhas raud, tema lisandite protsent ei ületa 0,16. Toodetakse marke 3, 3A, 3AA jt. Kasutatakse elektromagnetite, releede, magnetvarjete, dünaamiliste valjuhääldite jms. valmistamisel.

Magnetodielektrikud on pulbrikujuliste ferromagneetikute (magnetiidi, alsiferi, karbonüülraua, permalloi jt.) segud dielektrikutega (bakeliitvaik, polüstürool, klaasemail jt.). Materjalide valmistamisel segud pressitakse või valatakse surve all. Magnetodielektrikutel on küllaldane magnetiline läbitavus ja võrdlemisi väikesed pöörivoolukaod ning seetõttu on neid materjale võimalik kasutada keskmistel sagedustel. Kõrgetel sagedustel tekivad dielektrikuskaod ja ülikõrgsagedustel muutuvad magnetodielektrikud vastuvõtmatuks. Kasutatakse filtrite induktiivpoolide, võnkekontuuride jms. valmistamisel.

Ferriidid on samuti magnetiliselt pehmed materjalid, nad on magnetilised pooljuhid. Ferriitide valmistamisel kasutatakse peale põhikomponendi raudoksiidi veel niklit, tsinki, liitiumi, mangaani, magneesiumi jt. elemente. Sõltuvalt koostisest (komponentide hulgast) nimetatakse ferriite: nikkeltsinkferriit, mangaantsinkferriit jne. Ferriidid jaotatakse 4 põhirühma: 1) magnetiliselt pehmed ferriidid, 2) kõrgsageduslikud ferriidid, 3) täisnurkse hüsteresisilmusega ferriidid (ППТ) ja 4) magnetiliselt kõvad ferriidid.

Ferriite töödeldakse ainult lihvimise ja poleerimisega, sest nad on haprad. Toodetakse mitmeid marke, näiteks Φ -15, Φ -100, Φ -600, Φ -1000, Φ -2000, oksifer 200, oksifer 600, oksifer 2000, oksifer ПЧ-10, oksifer ПЧ-50, Φ M-1000, Φ M-2000, Φ M-3000, BT-1, BT-6, K-28, K-132, ЛK-16, ПП-1, ПП-24, ЧK-10, МНЦ-55 jne. Eespool on nimetatud ainult mõned üksikud margid.

Ferriite kasutatakse kõrgsageduslike ja ülikõrgsageduslike võnkepoolide, filterpoolide, magnetvõimendite ja transformaatorite valmistamisel, aga samuti ferriitantennide, arvutusmasinate mäluelementide, ümberlülitusskeemide jms. valmistamisel.

2. Magnetiliselt kõvad materjalid.

Alni on raua, alumiiniumi ja nikli sulam, magnetiliselt kõva, suure koertsitiivjõuga ja jääkinduktsiooniga materjal. Ta on habras materjal, mida töötlemisel lihvitakse ja poleeritakse. Alnit kasutatakse telefonide, valjuhääldite, induktorite, mõõteriistade jt. seadmete jaoks püsिमagnetite valmistamiseks.

Alniko on alni moderniseeritud sulam (koobalti lisanditega). Võrreldes alniga on tema omadused tunduvalt paremad. Kasutusala samad.

Alnisi on samuti alni sulam, räni lisandiga (1 %). Alnisi kasutatakse väikesegabariidiliste magnetelektiriliste mõõteriistade valmistamiseks, mille tõttu saadakse lineaarne karakteristika.

Magniko on samuti alni ja koobalti sulam, ta on alniko eriliik, komponentide proportsioonid on jaotatud erinevalt. Ühesuguse magnetilise energia korral on magniko kaalult ca 4 korda kergem, võrreldes alniga.

Peale nimetatud magnetiliselt kõvade materjalide kasutatakse veel püsिमagnetite ja helisalvestuslintide jms. valmistamiseks magnetilisi teraseid (süsinikteras, kroomteras, volframteras, koobaltteras jt.), baariummagneteid, metallkeraamilisi ja plastmassmagneteid jt.

VI. Konstruktsioonimaterjalid.

Konstruktsioonimaterjalid on mõeldud eeskätt aparatuuri mehhaaniliste detailide ja sõlmede (šassii, ekraanid, pimendatud sõlmed, esi- ja tagaplaad, aparaadi kast, regu-

leerimisnupud, skaalad jpt. sõlmed) valmistamiseks. Konstruksioonimaterjalid peavad olema dekoratiivsed, eriti aparaatuuri väljaulatuvad osad või välispinnad. Konstruksioonimaterjalidel ei ole olulised elektrotehnilised jpt. omadused, olulised on ainult mehhaanilised omadused ja materjali välisilme. Konstruksioonimaterjalide alla võivad kuuluda väga erinevad materjalid, näiteks eespool (dielektrikute ptk-s) vaadeldud isolatsioonimaterjalid, kui neid kasutatakse konstruksioonimaterjalidena, s.t. kui valmistatud detaili või sõlme omadustest on tähtsad tema mehhaanilised omadused, mitte aga elektrilised, dielektrilised, magnetilised jms. omadused, siis on ta konstruksioonimaterjal. Viimasel ajal on hakatud järjest rohkem kasutama metallide asemel plastmasse, keraamikat jms. Peale enam kasutatavate isolatsioonimaterjalide, millega tutvusime eespool, kuuluvad konstruksioonimaterjalide hulka ka värvilised ja mustad metallid (nende materjalidega oleks võinud tutvuda ka elektrijuhtide ptk-s, kuna aga TRÜ õppetöökojas me kasutame neid enam konstruksioonimaterjalidena, siis on loomulik nendega tutvumine just konstruksioonimaterjalide all).

1. Mustad metallid ja nende sulamid.

Mustadeks metallideks nimetatakse rauda ja tema sulameid. Keemiliselt puhast rauda kasutatakse väga harva, tehnika seisukohalt on tähtsad rauasulamid, mida sõltuvalt lisanditest nimetatakse järgmiselt.

Terasteks nimetatakse raua ja süsiniku (0,2 - 2 %) sulamit. Mida rohkem on terases süsinikku, seda kõvem on teras. Peale süsiniku lisatakse raua ja süsiniku sulamitele kas mangaani, väävlit, fosforit, räni jt. aineid.

Legeeritud terased sisaldavad peale raua ja süsiniku veel kas koobaltit, niklit, vanaadiumi, volframi, molübdeeni, kroomi jt. aineid või mitut ainet eespool loetletust. Konstruksiooniteraseid tähistatakse tähtedega Ct (сѳнаст сталь) ja arvud selle järel (Ct 30) näitavad süsiniku-sisaldust (0,3 %).

Legeeritud terased on markeeritud vastavalt lisanditele tähtedega: kroom - X, nikkel - H, koobalt - K, volfram - B, molübdeen - Mo, mangaan - Γ, alumiinium - D, räni - C jne.; täht II tähistab tsementeeritud terast. Esime-ne arv näitab süsinikusisaldust sajandikes protsentides ja tähtede järel seisev arv näitab lisandi protsenti. Näiteks 12XH3A on kõrgekvaliteediline kroomnikkelteras, mis sisal-dab süsinikku 0,12 %, kroomi 1,0 % ja niklit 3,0 %. Täht A näitab, et teras on kõrgekvaliteediline (sisaldab veidi väävli ja fosfori ühendeid - 0,05 %). Kui lisandit on 1,0 %, siis seda arvu tähistuses ei näidata, meil näiteks kroomi järele arvu ei kirjutata.

Malmiks nimetatakse raua ja süsiniku (2 - 6 %) sulamit. Malmis võib leiduda vähesel määral ka teisi elemente (väävli, fosforit, räni jne.).

Kõikidel mustadel metallidel on väike korrosioonikind-lus, niiskuse ja temperatuuri suurenemisel intensiivistub korrosioon tunduvalt. Korrosiooni vältimiseks kaetakse töös-tuses raud- ja terastooted tsingikihihiga (tsingitakse), apa-ratuuriehituses aga lakiga (vasarlakk) või värvitakse.

2. Värvilised metallid ja nende sulamid.

Vask on värvuselt roosakaspunane, tihedusega $8,93 \text{ g/cm}^3$, katkemistugevus 22 kG/mm^2 . Vask on mehhaaniliselt vastupi-dav, hästi töödeldav (valtsitav, tõmmatav, treitav, puuri-tav, freesitav jne.), kergesti joodetav ja keevitatav konst-ruktsioonimaterjal. Vase korrosioonikindlus on rahuldav. Toodetakse kahte marki - MM (pehme vask) ja MT (kõva vask) - plaatidena ja traatidena (juhtmetena). Kasutatakse mähise-traatide, montaažtraatide, kaablite, varjeekraanide jms. valmistamisel.

Valgevask e. messing on tsingi (20 - 55 %) ja vase su-lam. Mida rohkem tsinki, seda tugevam on valgevask. Valge-vase korrosioonikindluse tõstmiseks lisatakse talle alumi-iiniumi, mangaani ja niklit. Messing on mehhaanilistelt oma-

dustelt tunduvalt parem puhtast vasest. Kasutatakse klemme, skeemitiftide, varjeekraanide, karpide jms. valmistamisel.

Pronksid on vase sulamid nn. legeerivate metallidega (räni, tina, alumiinium, kadmium, berüllium jt.). Pronksidel on veelgi paremad mehhaanilised omadused. Pronkse tähistatakse tähtedega Бр, näiteks Бр0Ф7 -0,2, viimane arv on fosforisisaldus 0,2 %, tina aga 7 %. Pronkse kasutatakse voolujuhtivate libisevate kontaktide, lülitinugade jms. valmistamisel.

Alumiinium on valkjäs-hõbease värvusega kerge metall (vasest 3,3 korda kergem, tihedusega $2,7 \text{ g/cm}^3$). Alumiiniumi katkemistugevus on 6 - 12 kG/mm². Alumiinium hapendub kergesti, kattudes õhukese alumiiniumoksiidikihi, mis kaitseb teda edasise oksüdeerumise eest. Oksiidikihil on ka terve rida puudusi: ta raskendab juotmist alumiiniumdetailide ja -juhtmete ühendamisel ning suurendab ühenduskoha takistust. Võrreldes vasega on alumiinium mehhaaniliselt väikese vastupidavusega. Alumiiniumi kasutamine vase asemel on majanduslikult efektiivne. Kasutatakse juhtmete, šassiide, korpuste jms. valmistamisel.

Duralumiinium on alumiiniumi ja vase sulam, mehhaaniliselt on duralumiinium palju kõvem ja vastupidavam. Duralumiiniumi korrosioonikindlus on väike, karastatult on materjal väga jäik, löömutatult (kuumutatult) võib teda painutada ja tõmmata. Toodetakse mitut liiki pehme, pool- ja täisduralumiiniumi. Kasutatakse konstruktsioonimaterjalina.

Alumiiniumi sulamitest võiks veel nimetada aldreid (alumiiniumi, räni, mangaani ja raua sulam), silumiini (alumiiniumi ja räni sulam) jt.

C. ELEKTROONIKADETAILID JA -SÕLMED

Kaasaegse elektroonikaaparatuuri ehitamisel kasutatakse väga mitmesuguseid erinevaid detaile ja sõlmi. Näitena võiks nimetada takisteid (resistoreid), potentsiomeetreid (reguleeritavad takistid), kondensaatoreid, induktiivpoole, transformaatoreid, lambipesasid, lüliteid, releesid, skeemitifte, montaažplaate, diode, transistore, fotoelektroonkordistajaid jms.

Sõltuvalt elektroonikadetailide ja -sõlmede otstarbest jaotame nad kolme suurde rühma: 1) põhidetailid ja -sõlmed, 2) abidetailid ja -sõlmed ning 3) kinnitusdetailid ja -sõlmed.

I. Põhidetailid ja -sõlmed.

Põhidetaile ja -sõlmi on võimalik iseloomustada elektriliste või magnetiliste suurustega, näiteks mahtuvus, takistus, induktiivsus, võimsus jne. Põhidetailide ja -sõlmede näitena võiks nimetada takisteid, potentsiomeetreid, kondensaatoreid, induktiivpoole, transformaatoreid, drosselleid, elektronlampe, pooljuhtelemente, montaažjuhet jne. Ilma põhidetailide ja -sõlmedeta pole ükski aparaat mõeldav. Vaatleme mõningaid detaile lähemalt.

1. Takistid.

Et panna raadiolamp või transistor tööle tema õigesse režiimi, pingejagajate ehitamiseks, voolupiiramiseks, võimenduse reguleerimiseks jne., on vaja kasutada takisteid.

Takistid võime jagada kahte suurde rühma: masstakistid ja traattakistid, nad mõlemad võivad olla nii reguleeritavad kui ka konstantse väärtusega (püsitakistid).

Traattakistite valmistamiseks kasutatakse suure eritakistusega traate (manganiin, konstantaan), mis mähitakse

kuumakindlale alusmaterjalile (näit. keraamika). Masstakistite voolujuhtivaks elemendiks on süsi või mõni spetsiaalne segu, mis kantakse keraamilisest (või klaasist) materjalist pulgale või selle sisse.

Takisti põhilisteks tehnilisteks andmeteks on tema nimiväärtus, täpsusklass ja nimivõimsus. Nimiväärtuste rida on määratud GOST 2825-60-ga, selle rea põhiarvudeks on 10; 11; 12; 15; 16; 18; 20; 22; 24; 27; 30; 33; 36; 39; 43; 47; 51; 56; 62; 68; 75; 82; 91. Selle rea abil on võimalik tähistada mitmesuguseid nimiväärtusi, valides koma asukoha, näit. 1,1; 11; 110; jne., kuni $G\Omega$ -deni välja.

Täpsusklassiks nimetatakse takistite nimiväärtuse kõrvalekaldeid protsentides: I klass $\pm 5\%$, II klass $\pm 10\%$ ja III klass $\pm 20\%$. III klassi takistid on hinnalt kõige odavamad.

Eespool on toodud takistite nimiväärtuste rida vastavalt I täpsusklassile. I klassi reas on väärtusi kõige rohkem (kirjanduses nimetatakse I klassi rida vahel ka täielikuks reaks), II ja III klassi ridades on väärtusi vähem.

I ja II klassi takistitele märgitakse peale täpsusklass ± 5 ja $\pm 10\%$ või I ja II. III klassi takistitele täpsusklassi tavaliselt peale ei märgita.

Eriti täpse ja spetsiaalse aparatuuri jaoks valmistatakse takisteid täpsusklassiga $\pm 2\%$, ± 1 , $\pm 0,5$, $\pm 0,2$ ja $\pm 0,1\%$, mis märgitakse ka takistitele. Neid me lähemalt ei vaatle.

Takistit läbiv elektrivool hajutab energiat, mis eralduub soojusena. Mida suurem on takisti nimiväärtus ja mida suurem on vool, seda rohkem võimsust muutub soojuseks vastavalt valemile $P = I^2 \cdot R$ või $P = U^2 / R$. Tööstuses toodetakse takisteid nimivõimsusega mõnest vatist kuni sadade vattideni.

Masstakistite puhul on kõige enam kasutatavad nimivõimsused 0,12; 0,25; 0,5; 1,0; 2,0 W. Skeemides tähistatakse vastavalt GOST-ile 7624-62 takistitel ka nende nimivõimsus (vt. joon. 3). Tööstuses toodetakse masstakisteid МЛТ, МТ, ВС, УЛМ, КИМ, УЛИ, БЛП, МПП.

T a b e l 3

Tahistite nimiväärtused (GOST 2825-60).

Lubatud kõrvalekalded

$\pm 20\%$	$\pm 10\%$	$\pm 5\%$	$\pm 20\%$	$\pm 10\%$	$\pm 5\%$	$\pm 20\%$	$\pm 10\%$	$\pm 5\%$	$\pm 20\%$	$\pm 10\%$	$\pm 5\%$
Ω , $k\Omega$, $M\Omega$, $G\Omega$											
0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	10	10	10	100	100	100
		0,11			1,1			11			110
	0,12	0,12		1,2	1,2		1,2	12		120	120
		0,13			1,3			13			130
0,15	0,15	0,15	1,5	1,5	1,5	15	15	15	150	150	150
		0,16			1,6			16			160
	0,18	0,18		1,8	1,8		18	18		180	180
		0,2			2,0			20			200
0,22	0,22	0,22	2,2	2,2	2,2	22	22	22	220	220	220
		0,24			2,4			24			240
	0,27	0,27		2,7	2,7		27	27		270	270
		0,3			3,0			30			300
0,33	0,33	0,33	3,3	3,3	3,3	33	33	33	330	330	330
		0,36			3,6			36			360
	0,39	0,39		3,9	3,9		39	39		390	390
		0,43			4,3			43			430
0,47	0,47	0,47	4,7	4,7	4,7	47	47	47	470	470	470
		0,51			5,1			51			510
	0,56	0,56		5,6	5,6		56	56		560	560
		0,62			6,2			62			620
0,68	0,68	0,68	6,8	6,8	6,8	68	68	68	680	680	680
		0,75			7,5			75			750
	0,82	0,82		8,2	8,2		82	82		820	820
		0,91			9,1			91			910

T a b e l 4

Toodetavate masstakistite nimiväärtuste muutuste piirid Ω - $M\Omega$

Nimi- väärtus Tas- kis- ti tüüp	0,05	0,1	0,125	0,25	0,5	1,0	2,0	5,0	10,0
МЛТ	-	-	51 - 2,2	5,1 - 3,0	100 - 5,1	100-10,0	100-10,0	-	-
МТ	-	-	100 - 1,1	100 - 2,0	100 - 5,1	100-10,0	100-10,0	-	-
ВС	-	-	10 - 1,0	27 - 2,0	27 -10,0	27-10,0	27-10,0	47-10,0	47-10,0
КНМ	10-5,6	-	27 -1000,0	-	-	-	-	-	-
УЛН	-	1 - 10	-	1 - 1,0	0,75 - 1,0	1- 1,0	-	-	-
БЛН	-	1 -0,1	-	1 - 0,1	1 - 0,1	1- 0,1	-	-	-
МГН					100000 - 5,1				

Märkus. 1. УЛН on ВС - 0,125 uus tähistus.

2. МЛН on МЛТ - 0,125 uus tähistus.

Väikesegabariidilisi (0,125 W) takisteid (VMM jt.) kasutatakse miniatuursetes transistoriskeemides (näit. taskuraadiovastuvõtjad jms.).

Enam kasutatavateks traattakistiteks on ПЗ, ПЗБ, ПЗБП (vana tähistus ПЗБ-X). Tööstuses toodetakse järgmisi traattakisteid (vt. tabel 5).

T a b e l 5

Traattakistid ПЗ, ПЗБ, ПЗБП.

Nimi- võim- sus	Toodetavate nimiväärtuste muutuste piirid Ω		
	ПЗ	ПЗБ	ПЗБП
3	-	3 - 510	-
7,5	3 - 5100	1 - 3300	-
10	-	1,8 - 10000	3 - 220
15	3 - 5100	3,9 - 15000	5,1 - 220
20	2,4 - 5100	4,7 - 20000	10 - 430
25	4,7 - 5600	10 - 24000	10 - 510
30	-	10 - 30000	15 - 1100
40	-	18 - 51000	-
50	1 - 1600	18 - 51000	22 - 1500
75	1 - 30000	47 - 56000	-
100	-	47 - 56000	47 - 2700
150	1 - 51000	-	-

Potentsiomeetrid on reguleeritava takistusega takistid, mida peale tavaliste takistite juures antud iseloomustussuuruste iseloomustatakse veel maksimaalse ja minimaalse takistusega (kui potentsiomeetri takistuse minimaalne väärtus on võrdne nulliga, siis tuuakse harilikult ainult tema maksimaalne takistuse väärtus) ja voolujuhtiva osa (takistuse element) elektrilise vastupidavusega tema

telje suhtes. Potentsiomeetrid jagame samuti kahte suurde rühma: mass- ja traatpotentsiomeetrid. Tööstuses toodetakse A-tüüpi (fikseeritav telg) ja B-tüüpi (mittefikseeritav telg) potentsiomeetreid. Siinjuures ei maksa neid tüüpe (tähti) segi ajada potentsiomeetrite takistuse reguleerimisel, takistuse sõltuvus potentsiomeetrite võlli pöördenurgast, sest ka siin on tähistatud tähtedega A (lineaarne takistuse sõltuvus), B (logaritmiline takistuse sõltuvus) ja B (eksponentaalne takistuse sõltuvus).

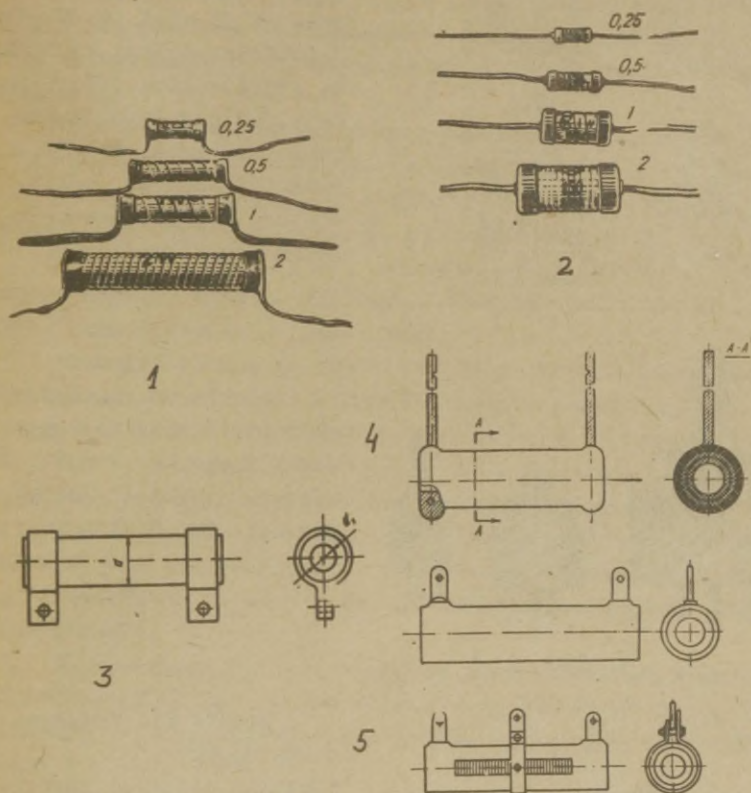
Ühekordsed ja kahekordsed, väljalülitiga ja ilma, konstruktsiooni poolest väga erinevad potentsiomeetrid jne. Näitena nimetame mõningaid neist: seeria ЧП.ЧП-I (ühekordne, mittefikseeritav), ЧП-II (ühekordne, fikseeritav), ЧП-III (kahekordne, mittefikseeritav), ЧП-IV (kahekordne, fikseeritav), BT, ТК (väljalülitiga), III-1-1, III-1-3, III-11, III-12, III-13, ЧП-II, ЧО, III3, ППБ, CHK, ЧНБК (väljalülitiga), ЧПП. ЧПД, ПЛ.

Tehnilises dokumentatsioonis märgitakse takistitele ja potentsiomeetritele tüüp, nimivõimsus, nominaalväärtus, täpsusklass, takistuse muutuse karakteristiku tüüpkuju, näiteks takisti BC-2-12k $\pm 10\%$ või potentsiomeeter ЧП-I-2-150k $\pm 10\%$ -A.

Takistite alla kuuluvad ka termistorid (neid nimetatakse tihti ka termotakistiteks või termoresistoriteks). Termistorideks nimetame mittelineaarset takisteid, mille takistus sõltub tugevasti temperatuuri muutustest ja millel on negatiivne temperatuurikoefitsient. Termistore kasutatakse temperatuuri anduritena stabiliseerimisskeemides, distantsjuhtimisel jpt. kohtades.

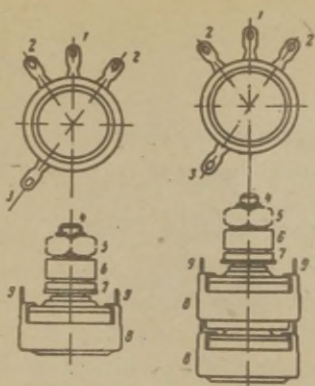
Tööstuses toodetakse termistore KMT-1, KMT-4, KMT-8, MMT-1, MMT-4, MMT-8, MMT-9, MMT-13, CT3, MKMT-1, MKMT-4, ТКП, ТП 2 jt.

Fototakistiteks nimetame mittelineaarset pooljuhtseadiseid, mille takistus sõltub tugevasti valguse muutustest. Tööstuses toodetakse fototakisteid ФС-A1, ФС-A4, ФС-K1, ФС-K2, ФС-B2, ФС-Д jt.

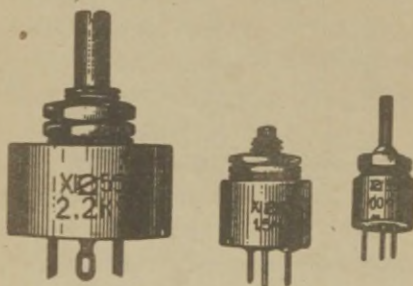


Joonis 8. Mõningaid enam kasutatavaid mass- ja traattakisteid.

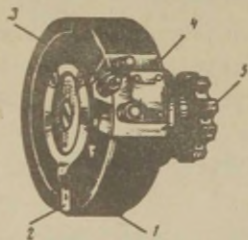
Masstakistid: 1. - BC (joonisele kirjutatud arvud tähendavad vastavaid nimivõimsusi), 2. - MTT. Traattakistid: 3. - ПЭ, 4. - ПЭВ, 5. - ПЭВР / ПЭВ-Х /.



Joonis 9. Masspotent-
siomeetrid seeriast CH ,
vasakul CH -I ja CH -II
paremal CH -III ja CH -IV.
1-potentsiomeetri keskmine
e. reguleeritav väljaviik,
2-piirväljaviigud, 3-kor-
puse väljaviik, 4-võll,
5-kinnitusmutter, 6-fik-
saator, 7-seib, 8-korpus,
9-kinnitusfiksaatorid.



Joonis 10. Masspotent-
siomeetrid seeriast CHO:
vasakul CHO-2 (2W),
keskel CHO-0,5 (0,5W),
paremal CHO-0,15 (0,15W).



Joonis 11. Traatpo-
tentsiomeeter.
1-mähis, 2-liikuv kontakt,
3-liikuv süsteem, 4-ke-
raamilisest materjalist
alus, 5-nupp.

2. Kondensaatorid.

Kondensaatoreid kasutatakse skeemides alalis- ja vahelduvkomponentide eraldamiseks, alaldaja pinge pulsseerimise vähendamiseks, sidestuseks ja paljudel teistel eesmärkidel.

Sõltumata kasutusalaast on kondensaatoritel kaks tähtsat põhiparameerit: mahtuvus ja lubatud tööpinge. Kondensaatori lubatud tööpingeks nimetatakse pinget, mille juures pikemat aega töötades ei teki dielektriku läbilööki.

Kondensaatoreid võib klassifitseerida nimimahtuvuse, täpsusklassi, lubatud tööpinge, otstarbe, dielektriku materjali, konstruktsiooni jms. järgi.

Konstruktsiooni ja otstarbe järgi jaotame kondensaatorid kolme suurde rühma: püsimahtuvusega kondensaatorid, häälestuskondensaatorid (nende mahtuvust on võimalik väikestes piirides reguleerida) ja muutuva mahtuvusega kondensaatorid (nende mahtuvuse reguleerimispiirkond on lai).

Kondensaatorite valmistamisel erineb mahtuvuse tegelik väärtus tema nimiväärtusest. Mahtuvuse lubatud kõrvalekallet nimetatakse tolerantsiks, mis määrab ära kondensaatori täpsusklassi.

Täpsusklasse on seitse (kõige enam kasutatav klasside süsteem): klass 00 - $\pm 1\%$; klass 0 - $\pm 2\%$; klass I - $\pm 5\%$; klass II - $\pm 10\%$; klass III - $\pm 20\%$; klass IV - $\pm 30, -20\%$; klass V - $\pm 40, -20\%$.

Harilikult kasutatakse elektroonikaaparatuuri ehitamisel V kuni II täpsusklassi kondensaatoreid, I klassi kondensaatoreid kasutatakse veel võnkeringides, 0 ja 00 klassi kondensaatoreid kasutatakse eriotstarbel, näiteks spetsiaalse mõõteaparatuuri ehitamisel, nende tootmise tehnoloogia on keerukam ja seetõttu on ka 0 ja 00 klassi kondensaatorid tunduvalt kallimad. Tabelis 6 on toodud kondensaatorite nimiväärtused vastavalt täpsusklassidele.

Dielektriku materjali järgi jaotatakse kondensaatorid vilgukivi-, keraamilisteks-, paber-, metalliseeritud

Tabel 6

Kondensaatorite nimiväärtused

Lubatud kõrvalekalded																						
III	II	I	III	II	I	III	II	I	III	II	I	III	I,II	I	II, III	I, II III,IV	I,II,III,IV,V	VI				
p ²												μ ²										
1,0	1,0	1,0	10	10	10	100	100	100	1000	1000	1000	0,010	0,010	0,10	1,0 10,0	100,0 0,01	0,1	1,0	10,0	100,0	1000,0	
		1,1			11			110			1100											
	1,2	1,2		12	12		120	120		1200	1200		0,012			0,012						
		1,3			13			130			1300						0,125		14,0		1300,0	
1,5	1,5	1,5	15	15	15	150	150	150	1500	1500	1500	0,015	0,015	0,15	1,5 15,0	0,015			15,0	150,0	1500,0	
		1,6			16			160			1600											
	1,8	1,8		18	18		180	180		1800	1800		0,018								1800,0	
		2,0			20			200			2000					0,02		2,0	20,0	200,0	2000,0	
2,2	2,2	2,2	22	22	22	220	220	220	2200	2200	2200	0,022	0,022	0,22	2,2 22,0							
		2,4			24			240			2400					0,025	0,25		25,0			
	2,7	2,7		27	27		270	270		2700	2700		0,027			0,03		3,0	30,0			
3,3	3,3	3,3	33	33	33	330	330	330	3300	3300	3300	0,033	0,033	0,33	3,3 33,0					350,0		
		3,6			36			360			3600											
	3,9	3,9		39	39		390	390		3900	3900		0,039				0,04		4,0	40,0		
		4,3			43			430			4300											
4,7	4,7	4,7	47	47	47	470	470	470	4700	4700	4700	0,047	0,047	0,47	4,7 47,0	0,05	0,5	5,0	50,0	500,0		
		5,1			51			510			5100											
	5,6	5,6		56	56		560	560		5600	5600		0,56					6,0				
6,8	6,8	6,8	68	68	68	680	680	680	6800	6800	6800	0,068	0,068	0,68	6,8 68,0	0,07				700,0		
		7,5			75			750			7500								80,0	800,0		
	8,2	8,2		82	82		820	820		8200	8200		0,082					9,0				
		9,1			91			910			9100											

Märkus: 1. I, II, III täpsusklassi järgi ei toodeta kondensaatoreid mahtuvusega 3,0; 5,0; 40,0; 50,0; 80,0.

2. V Täpsusklassi järgi ei toodeta kondensaatoreid mahtuvusega 0,1; 0,125; 0,25; 4,0; 6,0; 9,0; 14,0; 15,0.

paber-, õli-paber-, kondensaatorpaber-, klaasemail-, klaaskeraamika-, elektrolüüt-, õhk-, vaakuum-, polüstürool-, gaastäidisega jt. kondensaatoriteks.

Konstruksiooni järgi jaotatakse nad toru-, ketas-, hermetiseeritud jt. kondensaatoriteks. Klassifikatsioone on väga palju ja kõiki neid pole võimalik käsitleda.

Kondensaatorite parameetritest on väga suure tähtsusega tema isolatsioonitakistus. Väike isolatsioonitakistus põhjustab suuri kaovoolusid, mis häirib aparadi normaalset tööd. Kondensaatori kadusid iseloomustatakse dielektrikus kaonurga tangensiga $\operatorname{tg} \delta$. Väikese võimsusega kondensaatorites on kaonurga tangens tingitud peamiselt dielektriku juhtivusest ja hüstereesist.

Kondensaatorit iseloomustatakse veel tema mahtuvuse stabiilsusega, mis sõltub ümbritseva keskkonna temperatuurist ja kondensaatoril hajuvast võimsusest, samuti mõjub dielektriku vananemine stabiilsusele, muutes dielektrilist läbitavust.

Temperatuuri tõusul muutuvad materjali mõõtmed ja suu-
rel deformatsioonil võib mahtuvuse muutus olla pöördumatu (s.t. allajahtumisel ei oma mahtuvus esialgset väärtust). Immutatud ja hermetiseeritud kondensaatorid on stabiilsemad.

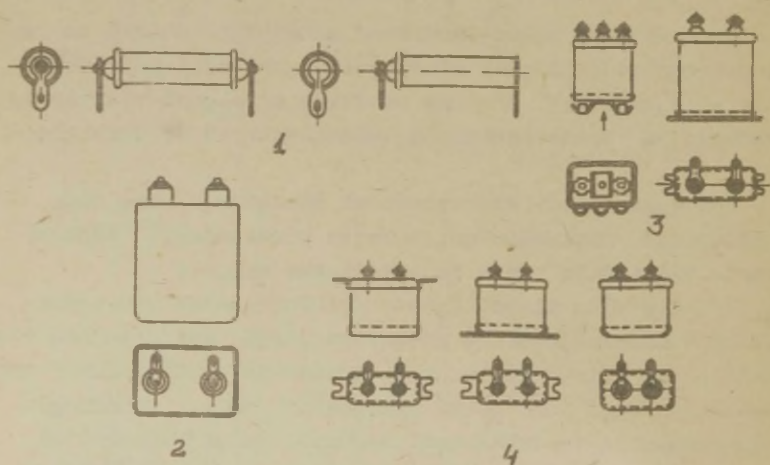
Kondensaatorite markeerimisel näidatakse tema tüüp, nimitööpinge, nimimahtuvus, lubatud kõrvalekalle (täpsusklass), valmistaja tehas ja väljalaske aeg.

Tabelis 6 on klassifitseeritud kondensaatorid vastavalt täpsusklassile nende mahtuvuse järgi, kuid analoogilise tabeli oleks võinud koostada ka kondensaatorite lubatud tööpingete või veel mõne teise parameetri järgi. Ühesõnaga, kondensaatoreid toodetakse mitmesuguseid: madalpingelisi (transistorskeemidele), kõrgepingelisi, madalsageduslikke, kõrgsageduslikke jne.

Tööstuses toodetakse:

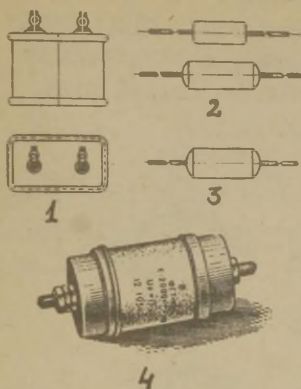
1. Paber-kondensaatoreid: **БМ** (väikesegabariidilised) **БМТ** (väikesegabariidilised, kuumakindlad), **КБГ** (hermetiseeritud),

К40 /БГМ/ (hermetiseeritud väikesegabariidilised) К40П-1 /БМТТ/ (väikesegabariidilised), КБП (läbiviik-paberkondensaatorid) jt. 2. Metalliseeritud paberkondensaatoreid: МБГН (madalpingelised), МБМ (väikesegabariidilised), МБМЦ (silindrilised väikesegabariidilised), МБГЦ (silindrilised hermetiseeritud), МБГЧ (hermetiseeritud), МБГО (ühekihi- lised, hermetiseeritud), МБГ (hermetiseeritud), МБГП, МБГТ (hermetiseeritud, kuumakindlad) jt. 3. Vilgukivikonden- saatoreid: КСО, КСОТ (niiskus- ja kuumakindlad), КСТ (her- metiseeritud), СГМ (väikesegabariidilised, hermetiseeritud) jt. 4. Kilekondensaatoreid: ПО (lahtised), ПСО (lahtine stiروفлекс), ПОВ (lahtised, kõrgepingelised), МПГ (hermeti- seeritud polüstürool), ПГТ (hermetiseeritud, kuumakindlad), МПО (ühekihi lised), МПГО (hermetiseeritud ühekihi lised), МП (väikesegabariidilised, polüstürool), ФТ (kuumakind- lad, fluorplastkondensaatorid), ФГТМ (hermetiseeritud, kuumakindlad fluorplastkondensaatorid).



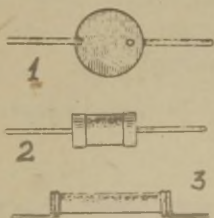
Joonis 12. Metalliseeritud paberkondensaatorid.

1.- МБГЦ 2.- МБГТ , 3.- МБГП , 4.- МБГО ,



Joonis 13. Kilekonden-
saatorid.

1.- ПГТ, 2.- ПМ, 3.- ПСО,
4.- ФГТИ.



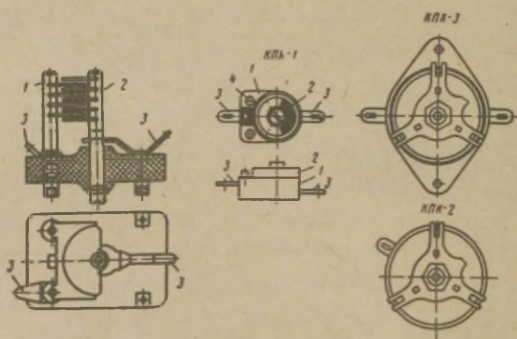
Joonis 14. Keraamilised
kondensaato-
rid.

1.- КДК, 2.- КГК, 3.- КТК.

5. Keraamilisi kondensaatoreid; КТ, КТК (torukujulised),

КД, КДК (kettakujulised), КТП (torukujulised, läbi-
viik-), КО (tugi-), КДО (kettakujulised tugi-), КТНБ
(hermetiseerimata torukujulised), КДУ (kettakujulised
kõrgsageduslikud), КП (plaat-), КПМ (väikesegabariidili-
sed, plaat-), КПС (senjettkeraamilised plaat-), КГК (her-
metiseeritud), КОБ (kõrgepingelised), ВК-2 (varikondid)
jt. kondensaatorid.

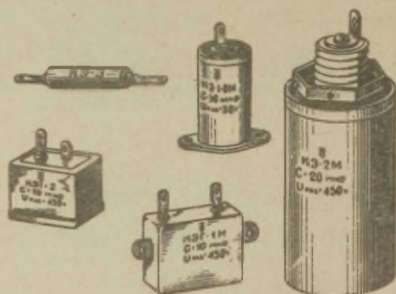
6. Klaasemailkondensaatoreid; КС, СКС-1 jt. 7. Häälestuskondensaatoreid (trimmerkondensaatorid): КПК, КПК-М (väikesegabariidilised), КПКТ (torukujulised) jt.



Joonis 15. Häälestuskondensaatorid.

1. keraamilisest materjalist alus, 2. kinnitusavad, 3. väljaviigud.

8. Muutuva mahtuvusega kondensaatoreid (pöördkondensaatorid); 9. Elektrolüüt-kondensaatoreid: КЭ, КЭ-2-Н, КЭ0-3 (alumiiniumanoodiga), ЭПТ (silindrilised hermetiseeritud), ЭМ (väikesegabariidilised), ЭММ (miniatsuursed), ЭТО (tantaal-), КЭЗ-1 (tantaal-), jt.



Joonis 16. Elektrolüüt-kondensaatorid.

КЭ -3, КЭ-1,0М,
КЭ -2М, КЭГ-2,
КЭГ -1М.

Mõningate enam kasutatavate kondensaatorite
tähistamine tehnilises dokumentatsioonis.

Nimetus	Tähistus	Seletus
Püsimahtuvu- sega keraamili- ne kondensaator	ЕДК -250-С- -220 \pm 10%	ЕДК-tüüp, 250- lubatud tööpinge (V); С- mahtuvuse temperatuurikoefitsient, mis määratakse kondensaa- tori värvuse järgi (siin sinine). 220- mahtuvuse no- minaalväärtus (pF), \pm 10%- täpsusklass
Püsimahtuvu- sega vilgukivi- kondensaator	KCO-2-500- -А-680 \pm 10%	KCO-tüüp, 2-liik, 500- lubatud tööpinge (V), А- mahtuvuse temperatuurikoe- fitsient, 680-nominaalväärtus (pF), \pm 10% täpsus- klass
Püsimahtuvu- sega paberkon- densaator	КБГ-МП-Б-600 1,0 \pm 10%	КБГ-tüüp, МП-Б -liik, 600- lubatud tööpinge (V), 1,0- nominaalväärtus (μ F), \pm 10%-täpsusklass
Püsimahtu- vusega elekt- rolüüt konden- saator	КЭ-2- -450-40,0- -М	КЭ -tüüp, 2-liik, 450-lu- batud tööpinge (V), 40,0- nominaalväärtus (μ F), М- külmakindluse grupp
jne.		

3. Keritud tooted (induktiivsused).

Keritud toodeteks nimetatakse mitmesuguseid transfor-
maatoreid, drosseleid, poole jne. Keritud tooteid, erine-

valt takistitest ja kondensaatoritest, tööstuses massiliselt ei toodeta ja seda eriti veel eksperimentaalsete elektroonikaaparaatide jaoks. See on aga täiesti mõistetav, sest transformaatoritele, drosselitele ja poolidele esitab eksperimentaalse aparatuuri valmistamine spetsiifilised nõudmised: keritud toodete geomeetrilised mõõtmed, kuju, mähkimisviis, mähisetraadi ja isolatsiooni läbimõõt, karkassi materjal jpt. tegurid, rääkimata keritud toodete elektrilistest parameetritest.

Tööstuslikult toodetakse masstootmises olevale aparatuurile (vastuvõtjad, televiisorid, alaldid, stabilisaatorid jm. aparatuur) transformaatoreid, drosseleid ja poole. **Mittestandardse** aparatuuri jaoks tuleb transformaatoreid, drosseleid ja poole ise valmistada.

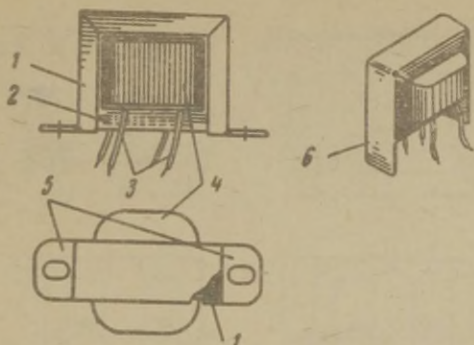
Transformaatorid, drosselid ja poolid võime jagada kahte suurde rühma: madalsageduslikud ja kõrgsageduslikud. Esimesse rühma kuuluvad raudsüdamikuga transformaatorid ja drosselid, teise kontuurpoolid, kõrgsagedusdrosselid, vaheagedusfiltrid jne.

Madalsagedustransformaatorid koosnevad kahest või rohkemast iseseisvast (eraldi) mähisest või poolist, mis on keritud erineva ristlõikega mähisetraadist ja on paigutatud ühisele raudsüdamikule.

Et vähendada rauaskadusid, on transformaatorite ja drosselite südamikud kokku laotud õhukestest (tavaliselt paksusega 0,35) plekkidest või keritud magnetilisest lindist. Transformaatori plekid võivad olla mitmesugused: **I** -kujuline, **II** -kujuline, **III** -kujuline jne. Madalsagedustransformaatorite näitena võiks nimetada elektroonikaaparaatide jõu-, sidestus-, vahe-, väljundtransformaatoreid jt.

Transformaatorite parameetriteks on võimsus, induktiivsus, pooli oomiline takistus, tööpinge, massi ja väljaviikude vaheline isolatsioonitakistus, isolatsiooni elektriline vastupidavus, ülekandetegur, töötemperatuur, niiskuskindlus.

Transformaatorid ja drosselid tehakse nii lahtised kui



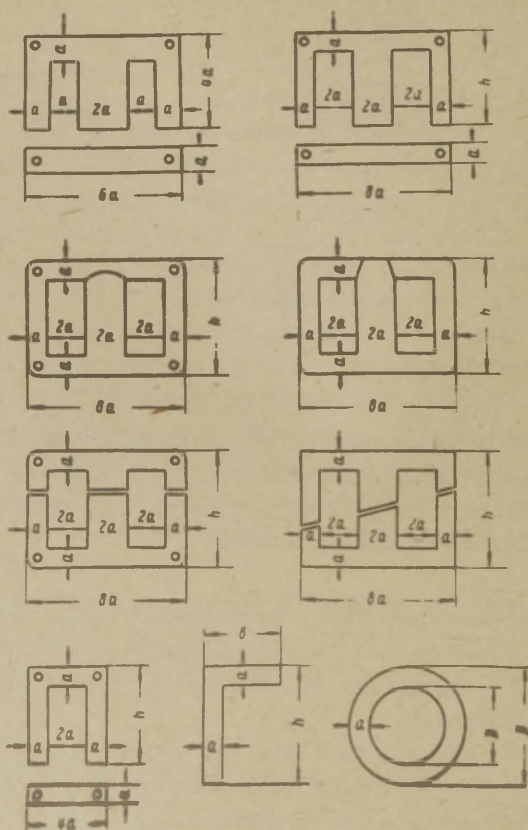
Joonis 17. Madalsagedustransformaator.

1-spetsiaalne transformaatori plekkide kinnituskamber, 2-magnetsüdamiku plekid (transformaatori plekid), 3-transformaatori väljaviigud, 4-mähis (mähised) ja karkass, 5-kinnituskõrvad, 6-kinnitusaasad.

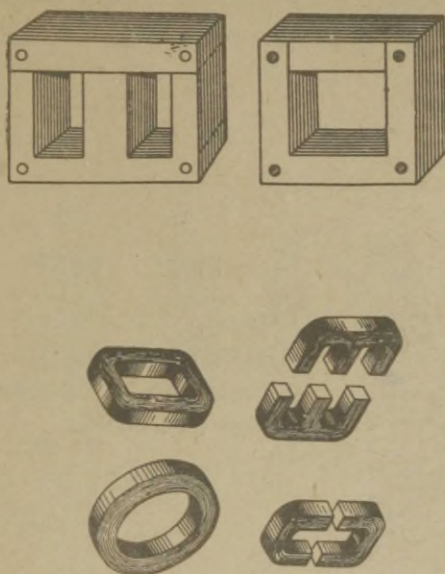
ka kinnised (ekraniseeritud, hermetiseeritud). Selleks et kaitsta transformaatorit väliste magnetväljade vastu, tehakse ekraan magnetilisest materjalist (permalloiplekk paksusega 0,25 mm).

Erinevate mähiste vahelise mahtuvuse vähendamiseks kasutatakse elektrostaatilist ekraanmist. Jõutransformaatorites ekraanatakse võrgumähis, et vältida toitepingest tingitud kõrgsagedushäireid. Ekraanina kasutatakse vaskfolgaad kogu karkassi laiuselt ümber südamiku, kuid nii, et ei tekiks lühiskeerdu, või mähitakse üks kiht emailleeritud juhtmega. Ekraan maandatakse.

Madalsagedusdrossel on suure keerdu arvuga pool kinnisel raudsüdamikul (võib olla ka permalloi ja ferriit). Drosselite õhupilusse asetatakse tavaliselt kartong või paber paksusega 0,1 - 1 mm.



Joonis 18. Madalsagedustransformaatorite (drosselite) südameke võimalikud plekitüübid (joonisel olevad tähed ja numbrid iseloomustavad vastavat plekitüüpi).

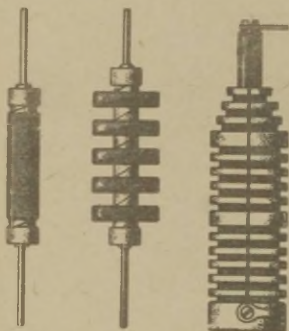


Joonis 19. Kokkupandud südamikud:

üleval - transformaatori plekkidest, all - magnetilisest lintmaterjalist valmistatud transformatorite (drosselite jaoks jäetakse õhupilu) südamikke.

Kõrgsagedusfiltreid, -poole ja -transformaatoreid kasutatakse kitsasribavõimendites jm., et saavutada suurt võimendust väikeste sagedusmoonutustega. Vahesagedusfiltrid koosnevad tavaliselt kahest võnkeringist induktiivse sidestusega. Südamikuks on tavaliselt ferriidid.

Kõrgsageduspoole iseloomustavateks parameetriteks on induktiivsus, hüvetegur, induktiivsuse stabiilsus ja mah-
tuvus. Nendest parameetritest sõltub ribavõimendi tundlik-
kus, ribalaius (valitavus), sageduse stabiilsus ja võimen-
di kasutegur.

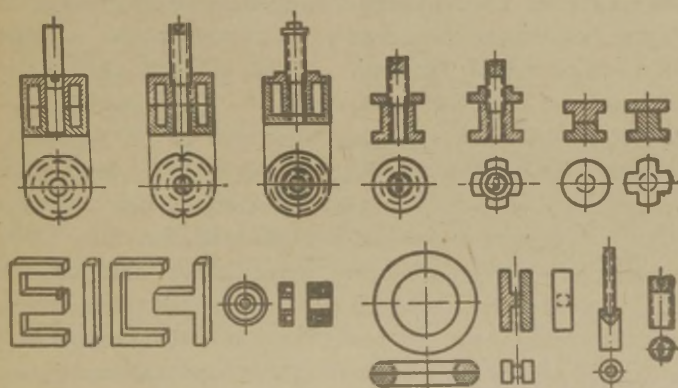


Joonis 20. Kõrgsagedusdrosselid: (vasakult paremale) lühi-, kesk- ja pikalaine-kõrgsagedusdrossel.

Kõrgsageduspoolide induktiivsus (L) on tavaliselt suurusjärgus mikro- või millihenrid, hüvetegur (Q) 3–300 piirides. Induktiivpooli mahtuvus sõltub gabariidist, mähkimisviisist ja pooli valmistamisviisist, ta on negatiivne näitaja, vähendades induktiivsust, hüvetegurit.

Induktiivpooli põhilisteks osadeks on karkass, mähis, ekraan ja südamik. Konstruktsiooni määrab ära sageduse diapason, võnkeringide võimsus ja ekspluatatsiooni tingimused. Näiteks on ühekihilisi, kehekihilisi, mitmekihilisi, ekraaneeritud, ekraaneerimata, südamikuga, südamikuta, diamagnetilisest materjalist südamikuga jt. poole. Ekraane kasutatakse parasitsete sidestuste vähendamiseks võnkeringide vahel, väliste magnetväljade mõju vähendamiseks jne. Samal ajal aga tekivad ekraanis pöörisvoolud (ekraan

valmistatakse hea juhtivusega materjalist /vask, alumiinium/ kinnisena), mis tekitavad esialgsele magnetväljale vastupidise suunaga magnetvälja. See kutsub omakorda esile pooli induktiivsuse vähenemise ja mahtuvuse suurenemise ning seetõttu tuleb igas konkreetsetes olukorras leida sobiv lahendus.



Joonis 21. Kõrgsageduslikud magnetsüdamikud.

4. Elektrovaakuum-, ioon- ja pooljuhtseadised.

a. Elektrovaakuumseadised.

Elektrovaakuumseadiseid (raadiolampe) kasutatakse erinevates tehnikavaldkondades (elektrotehnika, elektroonika jne.). Nende abil muudetakse mitmesuguseid elektrilisi suurusi. Elektronlambid koosnevad elektrodidest (katoode, anode, võred jne.), mis on paigutatud klaas- või metallballooni. On ilmunud mitmesuguseid katalooge elektronlampide kohta. Loengutel tutvutakse elektronlampide tööpõhimõtetega, konstruktsioonidega jms. Siin pööraksime tähelepanu ainult

elektronlampide tähistustele, nimetame enam kasutatavate elektronlampide põhitüübid (vastavalt teisele tähistuselemendile), kõik ülejäänud (lampide põhiparameetrid, karakteristikud, elektroodidevahelised, parasiitmahtuvused jne.) leiame käsiraamatutest.

Elektronlampide tähistustes on tavaliselt 4 elementi (harilikult 2 tähte ja 2 arvu). Esimene element (arv) näitab elektronlambi küttepinget (ümardatud täisarvulise väärtuse) voltides. Gaastäidisega tiratronide puhul on esimeseks elemendiks tähed TT jne. Teine element (täht) näitab ära elektronlambi põhiolomuse, näiteks Π -dioodid, X-kaksikdiodid, C-trioidid, Π -jugatetrooidid ja väljundpentoodid, K-pikendatud karakteristikuga pentoodid, X-lühikese karakteristikuga pentoodid, A-muunduslambid kahe tüürelektroodiga, Γ -trioidid-diodid, B-pentoodid-diodid, H-kaksiktrioidid, Φ -pentood-trioid, E-optilised häälestusindikaatorid, Π -väikesevõimsuselised kenotronid jne. Kolmas tähistuse element (arv) on harilikult elektronlambi tüübi järjekorranumber, neljas element (täht) näitab vastava elektronlambi kuuluvust kindlasse seeriasse, näiteks: ilma tähistuseta on metallballooniga lambid, C - klaasballooniga, jne. Näiteks: 6X6C on 6,3-voldise küttepingega, kaksikdiod, 6 tüüp sellest seeriast, klaasballooniga.

b. I o o n s e a d i s e d . Ioonseadised on väliskujult sarnased elektronlampidega, kuid erinevalt viimastest on nende elektroodide vaheline ruum täidetud mitmesuguste gaasidega. Ioonseadiste töö põhineb intensiivsel gaasi ionisatsioonil, gaaslahendusel. Ioonseadiseid on mitmesuguseid: huum- e. neonlambid (seeriad CH, TH, MH, PH, Φ H, YBH jt.), stabilitrionid (tüübid CT1 Π , CT2 Π , CT2C, CT2025 jt.) jne. Ioonseadiste kohta on võimalik leida andmeid kõikidest käsiraamatutest.

c. P o o l j u h t s e a d i s e d . Pooljuhtseadiste kasutamine elektroonikaaparaatide ehitamisel võimaldab enam

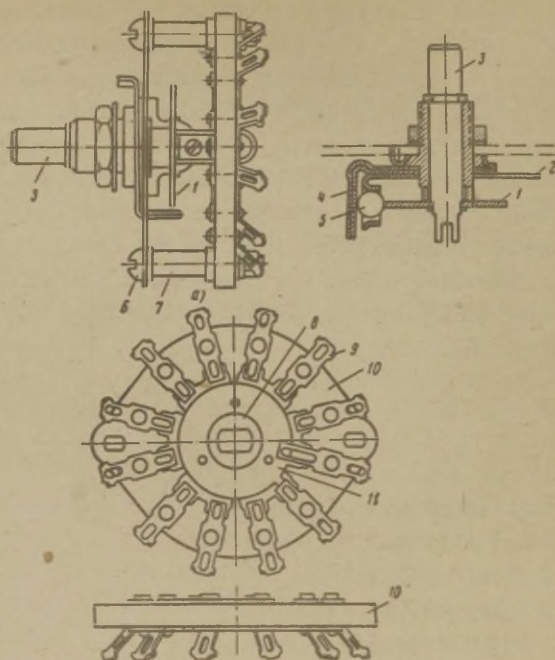
kul juhtudel vähendada gabariite, elektrienergia tarvidust, suurendada seadme kasutegurit, tööiga ja töökindlust. Pooljuhtseadiste (dioodid, transistorid) parameetrite sõltuvus temperatuurist ja ajast määrab pooljuhtskeemidele spetsiifilised nõudmised: tuleb kasutada temperatuuri stabiliseerimisskeeme, tagasisidet jms. Et saavutada pooljuhtdetailide pikka tööiga ja suurt töökindlust, ei tohi me neid tööle panna piirrežiimidele, vaid normaalsesse režiimi.

Vastavates käsiraamatutes on toodud pooljuhtseadiste (dioodide, stabilitronide, varikap'ide, tunneldioodide, transistoride jms.) ehitus, klassifikatsioon, tähistus, karakteristikud jms.

II. Abidetailid.

Abidetailideks nimetatakse niisuguseid elektroonikaaparatuuri detaile, mis ei muuda seadme või sõlme elektrilisi parameetreid (andmeid). Näitena võime tuua mitmesuguseid lambipesasid, kuplungeid, lüliteid, lainelüliteid, pistikuid, puksklemme jne. Nagu loetelustki võib näha, ei ole oluline, milline või millise kujuga abidetail on, peasi aga, et ta täidaks oma kindlat funktsiooni, milleks on harilikult hea kontakti tagamine. Abidetailid peavad olema mehhaaniliselt tugevad, oluline on ka nende puhtus. Näiteks mustunud lambipesa võib tekitada ebasoovitava lekkevoolu tema väljaviikude vahel, eriti halb on see anoodi ja võre vaheliste väljaviikude korral. Siit võime järeldada, et ka abidetaile on vaja enne montaaži hoolikalt kontrollida, mis võimaldab tunduvalt aega kokku hoida aparadi häälestamisel.

Abidetailide gruppi kuuluvad tinglikult ka releed, kontaktorid jt. (nende põhiülesande järgi), kuid samaaegselt võime need (releed, kontaktorid) julgesti lugeda ka põhidetailideks.



Joonis 22. Keraamiline lainelüliti (abidetail).

1-fiksaatorketas, 2-alus, 3-võll, 4-vedru, 5-kuul, 6-kinnituskruvid, 7-distantpuksid, 8-keraamilisest materjalist rootoriplaat, 9-liikumatud kontaktid, 10-keraamilisest materjalist lüliti paneel, 11-liikuv kontakt.

III. Kinnitusdetailid.

Kinnitusdetailid võivad olla väga mitmesuguse kujuga sõltuvalt põhi- ja abidetailide kujust (gabariiitidest). Kinnitusdetailidest võime nimetada kõikvõimalikke konkse, haake, kontaktneete, skeemitifte, -tugesid, montaažpaneelse, -plaate jne.

Kinnitusdetailidele esitatavatest põhilisematest nõuetest on nende mehhaaniline vastupidavus, töökindlus, välimus, seejuures olgu nende valmistamise tehnoloogia võimalikult hntne, massiliselt rakendatav jne.

D. LUKKSEPATÖÖD.

I. Töövahendid ja nende kasutamine.

Ekspérimentaalse aparatuuri valmistamisel tuleb kasutada väga mitmesuguseid universaalseid lukksepatööriistu. Lukksepatöödeks elektroonikaaparaatide ehitamisel on šassii ja aparaadikasti valmistamine, šassiile suurte detailide ja sõlmede (transformaatorid, drõsselid, elektrolüüt-kondensaatorid, montaažplaadid, lambipesad jms.) kinnitamine jms., kusjuures tuleb osata väga mitmesuguseid töövõtteid (lõikamine, puurimine, faasimine, painutamine, kruvidega kinnitamine jne.).

Enam kasutatavateks universaalseteks lukksepatöövahenditeks on lõikurid (otslõikurid, külglõikurid), näpitsad (karedate ja siledate mokkaldega), ümartangid, plekikäärid, kruvikeerajad, mutrivõtmed (ka otsvõtmed), haamrid (luksepa- ja kellasepahaamer), puust haamer (erandjuhul võib selle asemel kasutada tekstoliidist vms. materjalist tasan-dusklotsi), viilid, muukviilid, neetimisabinõud, kärn, šaaber, metallprisma, käsikruustangid, lauakruustangid, elektri- või käsidrell, puuride komplekt, keermelõikurite komplekt (vindipulkade komplekt), keermelõikurite (vindi-pulkade) raamid, keermepakkide komplekt, keermepakkide raamid, rauasaag jms. Peale eespool loetletud töövahendite kasutatakse materjalide märkimiseks märknõela, sirk-lit, malli, joonlauda, nurgikut ja detailide toorikute mõõtmiseks nihkkaliibrit, kruvikaliibrit, nurgikut jne.

Peale ülalnimetatud töövahendite võib ekspérimentaalse aparatuuri valmistamisel tekkida vajadus mitmesuguste spetsiaalsete lukksepa-töövahendite järele. Sel juhul võib mõningaid seeriatootmises olevaid tööriistu kohandada spetsiaalseteks tööoperatsioonideks, kuid mõningaid neist võib ka ise valmistada vastavalt praktika juhendaja näpu-näidetele.

Neid töövahendeid, mida on rohkem vaja elektroonika-aparatuuri montaažtöödel, kuid mõnikord ka lukksepatöödel, nagu näiteks pintsetid, käärid, nuga, jootekolb jms., vaatleme lähemalt montaažtööde käsitlemisel.

Järgnevalt tutvume mõningate lukksepatööriistadega lähemalt.

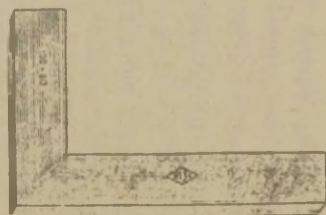
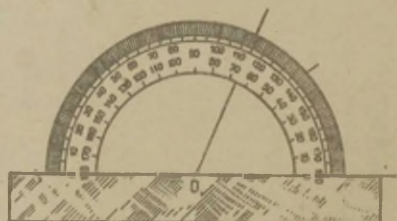
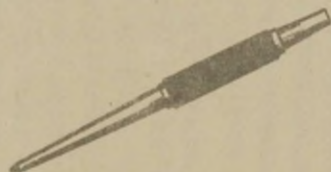
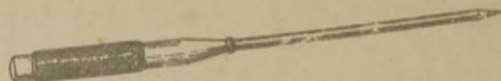
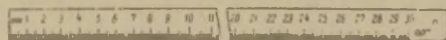
1. Märkimis- ja mõõteseadmed.

Sirkel. Sirklit kasutatakse mõõtude kandmisel joonisel toorikule või mittemõõdus oleva eskiisi korral mõõtjoonlaualt detaili toorikule. Sirkli abil on võimalik ka ringe joonestada šassiile, esiplaadile jt. toorikutele (lambipesaavad, mõõteriistaavad jne.). Mida teravamad on sirkli otsad, seda täpsemini saab temaga mõõte edasi kanda. Sirkliil endal mõõte peal ei ole. Mõõdu saame teada, asetades sirkli joonlauale. Mõlemad sirkliid on fikseeritavad kruvidega (vt. joon. 23). Teise sirkli kruvisüsteem võimaldab mõõte palju täpsemini edasi kanda.

Märknõel on 100 - 130 mm pikkune kõvast instrumentaalterasest (lähimõõduga 3 - 4 mm) teritatud otsaga märkimisabinõu. Märknõelaga on võimalik märkida nii pehmetele metallidele (valgevask, punane vask, alumiinium) kui ka terastele, plastmassidele (hetinaks, tekstoliit jne.). Märkimisel kasutatakse veel joonlauda, nurgikut, malli jms.

Kärn on samuti instrumentaalterasest valmistatud ümar varras, lähimõõduga 7 - 8 mm, mille üks ots on teritatud 45-60°-se nurga all. Normaalse kärni pikkus on 80 - 100 mm. Kärni abil märgitakse aukude asukohad šassiil, esiplaadil jt. detailide toorikutel. Kärn asetatakse soovitud augu tsentrisse toormaterjalil ja lüüakse haamriga kärnile. Tekkinud märk materjalil võimaldab auku puurida täpselt soovitud kohta.

Mõõtjoonlauda kasutatakse märkimisel ja mõõtmisel. Lukksepatöödel kasutatakse metallist (spetsiaalne süsinikteras) joonlauda.



Joonis 23. Märkimisabinõud (joonlaud, märknõel, käära, nurgik, mall, mõõtesirkliid).

Malli abil kantakse märgitava tooriku peale soovitud nurki.

Nurgik. Nurgikut kasutatakse nurkade märkimiseks ja kontrollimiseks. Enam kasutatavaks nurgikuks on risthaarne e. täisnurkne nurgik, mille abil märgitakse ja kontrollitakse šassii, esi- ja tagaplaadi, montaažplaatide jms. nurkade täisnurksust. Nurgikuga mõõtmisel asetatakse nurgiku alus (lühem pool) täpsele (õigele) tahule ja pikema haara-ga kontrollitakse nurga (teise tahu) ühtelangevust nurgiku pikema haaraga.

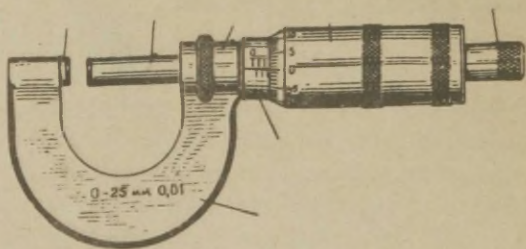
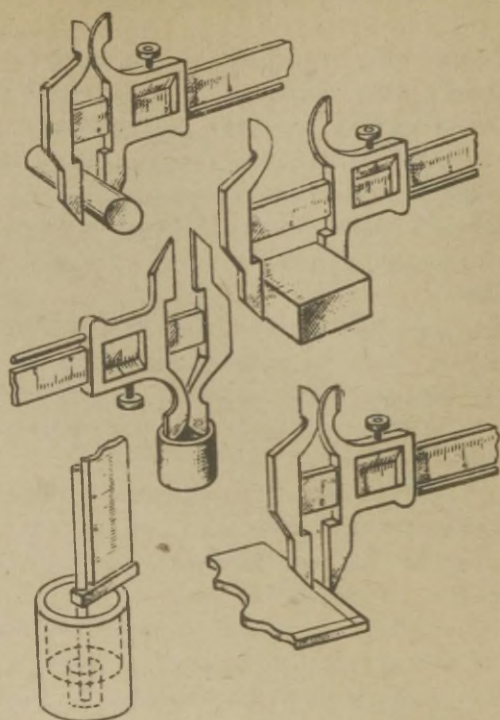
Nihkkaliiber. Enam kasutataval nihkkaliibril on noo-nius, millega on võimalik mõõta sise- ja välisläbimõõtu ning sügavust täpsusega 0,1 mm. Kui on vaja mõõta täpsmini kui 0,1 mm, tuleb kasutada suurendatud täpsusega (0,05 mm) nihkkaliibrit.

Nihkkaliibrid on mõõteriistad ja seepärast tuleb nende-ga eriti ettevaatlikult ümber käia, et säilitada tehase poolt garanteeritud täpsus. Nihkkaliibreid tuleb hoida löö-kide, kukkumiste, kriimustuste jms. eest, neid tuleb pühki-da pehme ja puhta lapiga, pärast mõõtmisi määrida vaseliiniga ja hoida spetsiaalsetes karpides. Nihkkaliibrit kasu-tatakse aukude täpselt märkimiseks šassiiile jpt. märkimis-tel ja mõõtmistel.

Kruvikaliibrit kasutatakse väikeste detailide väliste mõõtmete täpselt (0,01 mm) mõõtmiseks.

Elektroonikaaparatuuri ehituses kasutatakse kruvika-liibrit transformaatorite, drosselite, potentsiomeetrite jms. mähisetratide läbimõõdu kindlakstegemiseks nende re-mondi korral, aga ka uute ehitamisel; eriti oluline on see mähise täpsel mahtumisel (või mittemahtumisel) olemas-olevale karkassile. Kruvikaliibriga mõõdetakse veel pee-nemate puuride läbimõõtu, õhukese lehtmaterjalil paksust jms. Kruvikaliibrit tuleb samuti hoida spetsiaalses kar-bis ja aeg-ajalt õlitada.

Kategooriliselt on keelatud hoida kruvi- ja nihkka-liibreid teiste tööriistadega ühes ja samas sahtlis.

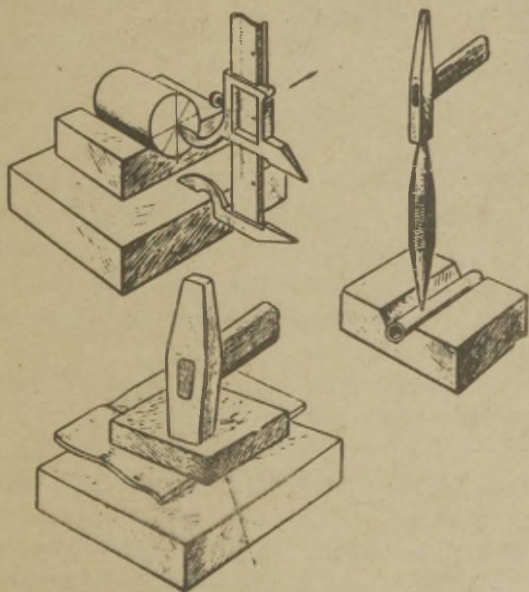


Joonis 24. Nihkkaliiber (0,1 mm täpsusega)
ja kruvikaliiber.

Lukksepatööde käigus on tihti vaja puurida auku läbi ümara detaili tsentri, selleks kasutatakse metallprismat (vt. joon. 25). Praktikas määratakse ümara detaili tsenter harilikult risumusega, tsentri määramiseks võib aga kasutada ka nihkkaliibrit.

Ebaühtlase lehtmaterjali sirgestamiseks e. rihtimiseks kasutatakse metallist rihvelplaati.

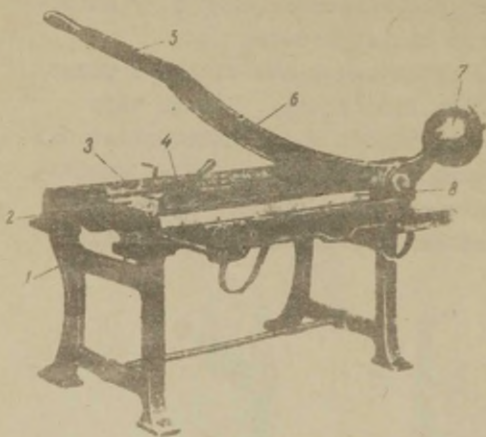
Lukksepapraktikas kasutatakse tihti tugevast puust haamrit pehmete materjalide rihtimisel. Haamer võib olla veel tekstoliidist või mõnest muust materjalist valmistatud. Niisuguse haamri puudumisel aga tuleb kasutada tekstoliidist või tugevast puust plaati, mille läbi taome materjali lukksepa haamriga, nii nagu on näidatud joonisel 25.



Joonis 25. Ümara detaili tsentri määramine metallprismal nihkkaliibriga; ümara detaili kärnimine; mõlkis lehtmaterjalist tooriku rihtimine klotsi abil.

2. Materjalide lõikeseadmed.

Plekikäärid. Suuri mehhaanilisi plekikääre kasutatakse kuni 3 mm paksusega lehtmaterjali tükeldamiseks. Järgneval joonisel toodud plekikäärid võimaldavad lehtmaterjali lõigata täpselt etteantud laiusega.

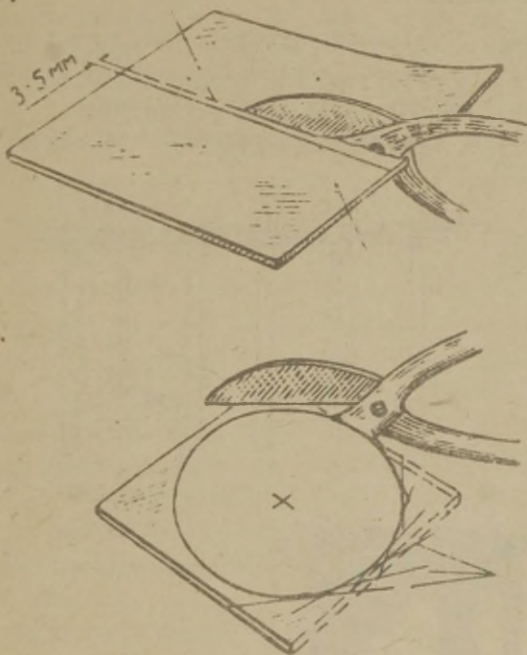


Joonis 26. Suured mehhaanilised plekikäärid: 1-alus, 2-töölaud, 3-piirav tugi, 4-materjali kinnitusabinõu, 5-käepide, 6-ülemine lõiketera, 7-vastukaal, 8-alumine lõiketera.

Väikesi plekikääre kasutatakse õhukese lehtmaterjali (alumiinium, valgevask, raud, punane vask jt.) lõikamiseks (paksusega 1 - 2,5 mm sõltuvalt materjalist). Sobivad on 250 - 270 mm pikkused ja 90 - 110 mm pikkuste lõiketeradega plekikäärid. Plekikäärid peavad olema küllaltki teravad, et nad lõikaksid metalli.

Lehtmaterjalile märgitakse eelnevalt kaks lõikejoont - põhi- ja abijoon. Algul lõikame suurema materjalitüki abijoon järgi ja seejärel täpselt põhijoone järgi. Selline lõikamismoodus võimaldab tooriku servad sirgeks jätta ja tooriku edasisel töötlemisel on vaja ainult tema servadest krassid eemaldada. Kui me aga otsekohe lõikaksime täpselt põhijoone järgi, siis deformeerub lõigatav toorik tugevasti ja pärast peame toorikut sirgestama (rihtima) ja seejärel mõõtu viilima (kui see on veel võimalik). Lehtmaterjalist poolkaarte, ringide jms. väljalõika-

misel plekikääridega ei saa kasutada ettemärgitud ringjoone, kaare jms. jooni. Kaare või ringjoone järgi lõikamisel plekikäärid kiilduvad ja deformeerivad tugevalt tooriku servi. Ümarat detaili tuleb lõigata märgitud kaare või ringjoone puutujaid mööda.

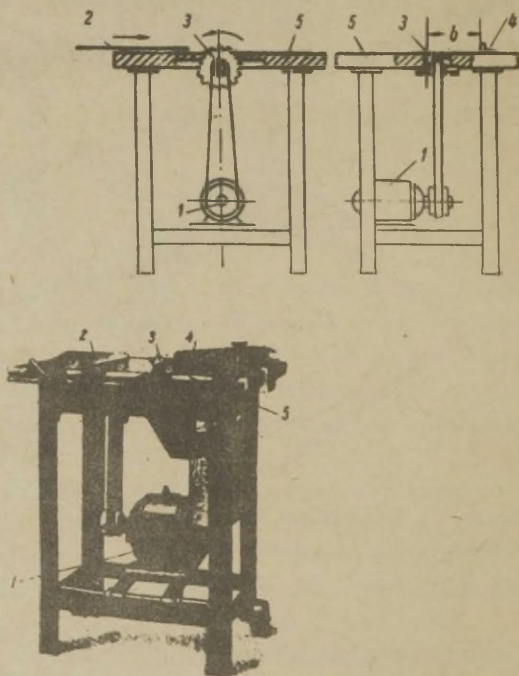


Joonis 27. Lõikamine väikeste plekikääridega: üleval abijoone järgi lõikamine, all ümara detaili väljalõikamine.

Pärast plekikääridega lõikamist jääb järele hulk-nurk, need nurgad ümardatakse viiliga kuni täpselt märgitud vajaliku jooneni. Niisugune moodus väldib mitte ainult lehtmaterjali rihtimistööd rihvelplaadil, vaid ka ebaõigete mõõtetega detaili tekkimist, sest lõigates täpselt märgitud joont pidi, deformeerub toorik ja hiljem peame teda nagunii viilima allapoole mõõtu.

Väikeste plekikäärde kasutamine on mõeldav küllalt väikeste materjalitükkide lõikamisel pehme alumiiniumi korral paksusega kuni 2 - 2,5 mm, väikese süsinikusisaldusega teraspleki korral 1,5 - 2 mm. Paksemate materjalide lõikamiseks tuleb kasutada rauasaagi, suuri plekikääre või puurida toorik välja.

Ketassaag (kreissaag, frees). Ketassaagi kasutatakse plastmasside (viniplast, orgaaniline klaas, tekstoliit, hetinaks jne.) lõikamisel vajaliku suurusega toorikuteks, kusjuures tuleb tingimata arvestada freesi paksust.



Joonis 28. Ketassaag. 1-mootor, 2-lõigatava materjali liikumise suund, 3-ketassaag, 4-piirav tugi (nihutatav vastavalt tooriku laiuslele), 5-töölaud.

3. Kruustangid. ✓

Lukksepa-kruustangid (lauakruustangid). Lukksepatööde tegemiseks kinnitatakse valmistatavad detailid lauakruustangide vahele. Kõige sobivamateks ja enam kasutatavateks on nn. paralleelkruustangid, kus kruustangide liikuv moka liigub paralleelselt seisva moka suhtes. Kolme poldi või kinnituskruuviga kinnitatakse lukksepa-kruustangid harilikult töölaua parema ääre külge. Kui kruustangide vahel töödeldakse suhteliselt pehmeid materjale - alumiinium, eboniit vms., siis tuleb tooriku (detaili) välispindade säilitamiseks panna kruustangi mokaade vahele pehmest materjalist katted (alumiiniumist, punasest vasest, valgevasest, presspapist vms.). Toorik (detail) tuleb kruustangide vahele kinnitada tingimata käte jõul; kruustange pööravale hoovale ei tohi lüüa ega pörutada, see võib kruustangid ära lõhkuda.

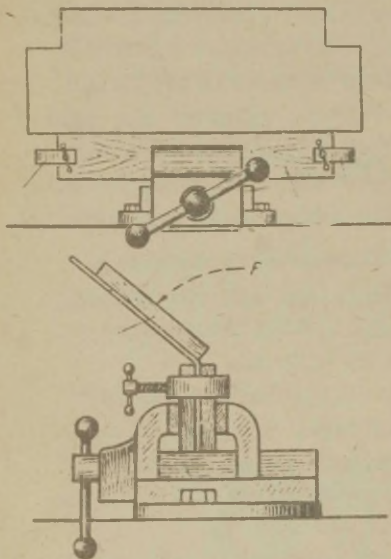
Käsi-kruustange kasutatakse väiksematesse detailide toorikutesse aukude puurimiseks puurpingi all või väikeste toorikute (detailide) viilimisel jne. Käsi-kruustangid on ca 100 mm pikkused, mokaade laius 40 - 50 mm.

Kinnitusklambrid on oma konstruktsioonilt tunduvalt lihtsamad, võrreldes käsi-kruustangidega, see-eest on neil aga suurem haardelaius. Kinnitusklambreid kasutatakse šassii tooriku kinnitamiseks kahe plaadi vahele šassii painutamisel jm.

Lehtmetailist šassii valmistamiseks spetsiaalse painutuspingi või -pressi puudumisel tehakse kõik vajalikud painutused kruustangide vahel. Lehtmaterjalist šassii toorik asetatakse sobivate plaatide vahele nii, et paindejoon oleks plaatide servaga ühel kõrgusel (vt. joonis 29). Neid plaate võib valmistada väga mitmesugustest materjalidest (puu, paks vineer, tekstoliit jms.). Plaadid kinnitatakse šassii tooriku külge käsi-kruustangide või spetsiaalsete kinnitusklambrite abil, et šassii toorik ei liiguks plaatide suhtes, ja seejärel asetatakse šassii toorik koos plaatidega lauakruustangide vahele. Asetanud

lehtmaterjalist šassii tooriku vastu veel ühe plaadi, võime šassii ühe serva ära painutada.

Selline moodus võimaldab šassiid valmistada 2,5 - 3 mm paksusega pehmest alumiiniumist ja 1,5 - 2 mm paksusega raudplekist, kasutades painutamisel ainult käte jõudu. Paksemate lehtmaterjalide korral, mida käte jõul painutada ei suuda, valmistatakse šassii eraldi tükkidest.



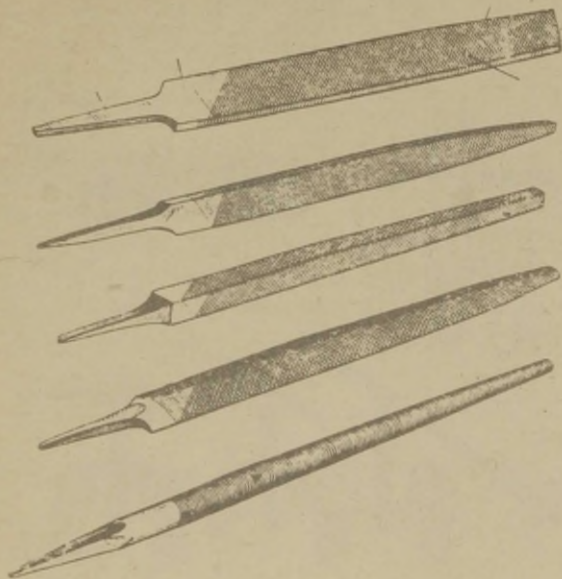
Joonis 29. Šassii tooriku painutamine lauakruustangide vahel. Painutusplaadid on kinnitatud šassii tooriku külge spetsiaalsete kinnitusklambritega.

4. Viilid.

Ekspérimentaalsete elektroonikaaparaatide valmistamisel kasutatakse viile šassii esi- ja tagaplaatide, põhja ning katte jms. viilimisel täisnurkseiks, valmistatud detailide sobitamiseks omavahel, mitmesuguse kujuga avade viilimiseks, jootekolvi otsa puhastamiseks jne. Tööstuslikult toodetakse väga erineva pikkusega (75 - 450 mm) ja profiiliga viile.

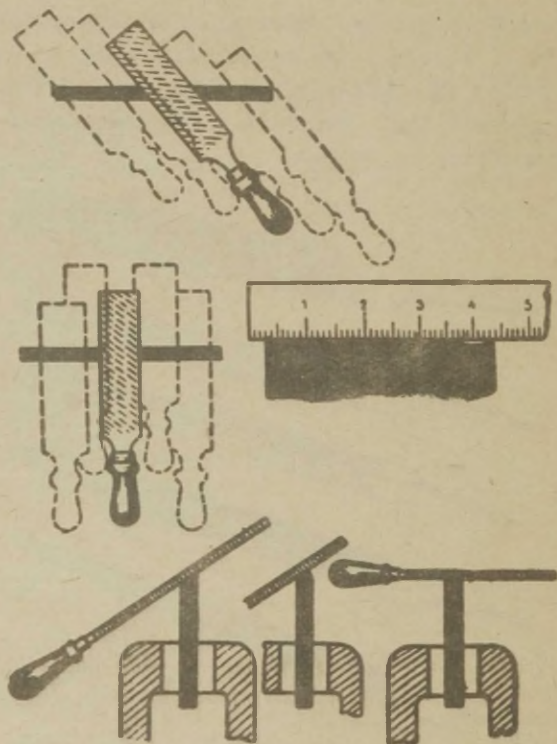
Konfiguratsiooni järgi jaotatakse viilid 5 põhilisse rühma: lapik-, nelikant-, kolmkant-, poolümar- ja ümarviilid, otstarbe ja kasutusala järgi kahte suurde gruppi: jäme- ja peenviilid, erinedes üksteisest tööpinna teralisuse poolest. Raspel-viilid on eriti jämedateralised ja neid peaaegu ei kasutatagi lukksepatöös. Jämeviile kasutatakse detailide jäme- e. mustalt töötlemisel, aga peenviile detaili täpselt mõõtu viilimiseks ja pinna puhtaks viilimisel.

Sõltuvalt kasutatava materjali tugevusest tuleb valida õige viil. Kõvade materjalide viilimisel on parem kasutada peenviile, **jämeviil ei lõika** nii palju kõva materjali, võrreldes peenviiliga. Peenviil haarab rohkem tooriku pinna, kokkupuutepind on suurem.



Joonis 30. Mitmesuguse profiiliga viilid.

Nagu järgnevalt jooniselt näha, tuleb viiliga õigel töötamisel asetada viil viilitava tooriku suhtes nurga all. Viiliga töötlemise protsess koosneb kahest põhiliikumisest: endast eemale ja vasakult paremale. Detail saab ühtlase tasase, sileda pinna. Samal ajal viili tagasi- liikumisega samal tasandil paremalt vasakule hoiame ära ümara serva viilimise ja ühtlasi puhastub viil töödelda- vast materjalist. Niisugusel juhul ei vaja valmistatav

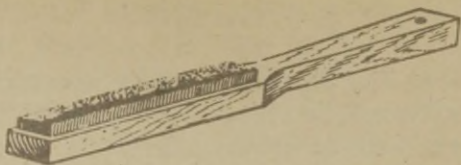


Joonis 31. Viili asendid töödeldava materjali suhtes; üleval õige asend, keskel vale asend viilimisel ja all õige asend hetinaksi viilimisel.

detail mingit järeltöötlmist. Joonise teisel osal on näidatud viili vale asend, kus viil on risti töödeldava detaili toorikuga (materjaliga), nende omavaheline kokkupuutepind on piiratud, ulatudes maksimaalselt viili laiuse ni. Viilimise käik on ebaühtlane, viili tööpind mustub, määrduv kiiresti töödeldava materjaliga, peale selle jääb töödeldav pind ebaühtlaseks; joonlauaga kontrollides näeme, et kohati ei puutu ja kohati puutub sirge joonlaua äär materjaliga kokku. Niisuguse vea parandamine on raske ja eriti veel, kui me mõtudest (märkimistest) ei ole kinni pidanud. Kui mõõdu piirjoone ääreni on kõige sügavam siseviilimise koht, siis on veel võimalik viga parandada, asetades liivapaberi laia tasase klotsi ümber ja saadud laia "viiliga" viilides.

Elektroonikaaparaatide mehhaaniliste detailide ja sõlmede töötlemisel on kõige enam vajalikud 150 - 200 mm pikkused viilid. Viili pikkuseks loetakse tema tööpinna pikkust. Sobivate ümarviilide keskmine läbimõõt on ca 8 - 12 mm. Pärast töötamist tuleb viilid metallipurust puhastada terasharjaga. Soovitav on hoida viile eraldi teistest tööriistadest ja samuti üksteisest, sest viilide hoidmisel koos ühes kastis (sahtlis) rikume ära nende tööpinna.

Hetinaiks on väga rabe materjal ja võrdlemisi kergesti võivad materjali servadest ebaõigelt mehhaanilisel töötlemisel killud välja lennata või tekkida praod. Tekkinud praod ja väljalennanud killud vähendavad tunduvalt hetinaiksi isolatsiooniomadusi. Praod ja mõrad koguvad endasse niiskust, mis võivad tekitada mitmesuguseid häireid aparaadi töös. (Hetinaiksist valmistatakse ka montaažplaate, transformaatorite ja poolide karkasse jms.) Hetinaiksi viilimise tehnoloogiat vt. jooniselt nr. 31.

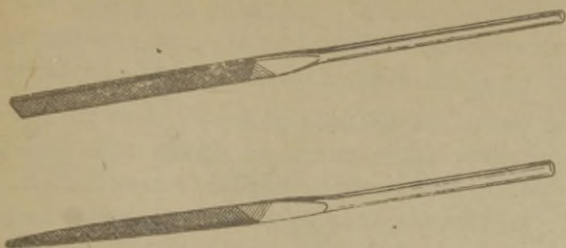


Joonis 32. Terashari (kasutatakse viilide puhastamiseks) ja šaaber.

Saabrit kasutatakse pärast puurimist suurte aukude servadelt krasside eelmaldamiseks ja erandjuhtudel (halvasti ligipääsetavad kohad jms.) ka puuritud aukude läbimõõtude suurendamiseks.

Kõige sobivamateks on poolümar- ja kolmkantšaaber, mis tavaliselt valmistatakse vanadest poolümaratest ja kolmkantviilidest (sobivaks pikkuseks on 100 - 130 mm) käia ja lihvketta abil. Šaabriale lisatakse (viili)pea, et oleks mugavam töötada.

Muukviilid on samasuguste profiilidega nagu viilidki (ümarad, poolümarad, lapikud, nelikant-, kolmkantviilid jne.), ainult nad on viilidest palju väiksemad, nende pikkus on 140 - 160 mm. Poole muukviili pikkusest moodustab nende ümmargune käepide. Muukviile kasutatakse peente aukude jms. viilimiseks, kuhu tavalise viiliga juurde ei pääse.



Joonis 33. Muukviilid.

5. Tangid.

Näpitsangid. Raadiomontaaži praktilikal kasutame kahte paari näpitsaid, suuremad (150 - 170 mm) näpitsad on vajalikud mõningate kinnitusdetailide tegemisel, ühesooneliste jämedate juhtmete väljatõmbamisel isolatsioonikestast jt. niisuguste tugevamate tööde juures; väiksemaid (100 - 120 mm) näpitsaid kasutatakse elektroonikadetailide painutamiseks ning kinnihoidmiseks mõningate juhtmete puhastamisel ja sassis sisse paigutatud skeemielementide tinutamisel. Seejuures peavad näpitsate moka olema küllalt pikad (40 - 50 mm), kuna tegemist on väikeste raadiodetailidega ja peente juhtmetega, siis tuleb kasutada sileda (ilma krasideta) mokaodega näpitsaid.

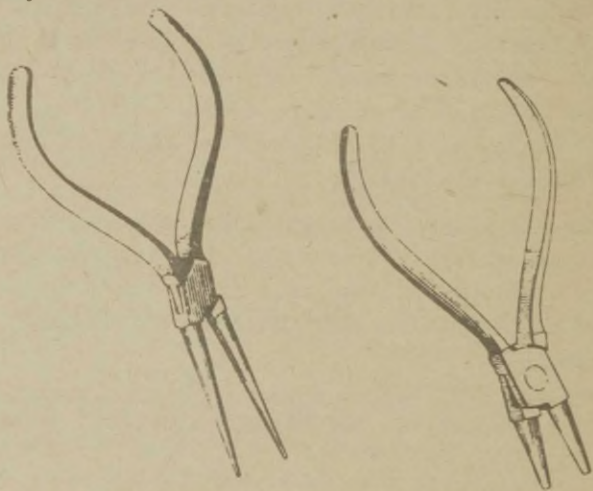
Pikkade mokaodega näpitsaid (lamemokktange) kasutatakse veel kinnitusdetailide valmistamisel pehmest lehtmaterjalist (pehme alumiinium, vask jms.) nende painutamisel, aga samuti peenest üarmaterjalist mitmesuguste konksude ja haakide tegemisel.

Tugevamate ja paksemast materjalist kinnitusdetailide valmistamisel kasutatakse lühikeste, tugevdatud mokaodega, lamemokktange jne.

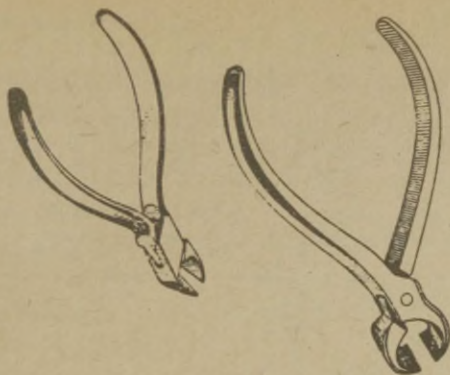
Lõikurid e. lõiketangid. Levinumateks lõikuriteks on otslõikurid ja külglõikurid. Aparaaadi sisemuses töötamiseks on sobivamad külglõikurid, millega on lihtsam eemaldada juhtmete liigseid otsi aparaaadi seest. Lõikurid peavad olema karastatud ja küllalt teravad, sest nüride lõikuritega murime traati liiga palju ja ikkagi teda ära lõigatud ei saa. Montaažtöö muutub seejuures inetuks ja võivad tekkida isegi valeühendused. Raadioelektroonika montaaži praktikas kasutatakse lõikureid, mille pikkus on ca 150 mm.

Harilike e. otslõikurite abil on võimalik lõigata (hammustada) mitmest eri materjalist traate läbimõõduga kuni 3 mm. Külglõikurid on otslõikuritest nõrgemad juba oma konstruktiivsete iseärasuste tõttu, nendega on võimalik lõigata traate diameetriga kuni 1,5 mm.

Ümarmokktange kasutatakse palja montaažjuhtme (läbimõõt 1,5 - 2 mm) painutamiseks ja ümmarguse rõnga tegemiseks skeemitifti või mõne kruvi ümber. Pikemate ja peenemate mokaadega ümarmokktange kasutatakse peenemate montaažjuhtmete ja elektroonikadetailide väljaviikude painutamiseks.



Joonis 34a. Ümarmokktangid.



Joonis 34b. Lõikurid (e. lõiketangid).

6. Puurid.

Elektroonikaaparaatide montaažil enam kasutatavad puurid on keermete lõikamiseks ettepuuritavate aukude ja nendele keermetele vastavate kruvide või poltide jaoks aukude puurimiseks (M-2,5 ; M-3 ; M-4 ; M-5 ; M-6). Peale ülalnimetatud puuride on vaja veel kasutada nendele aukudele faaside lõikamise puure jt.

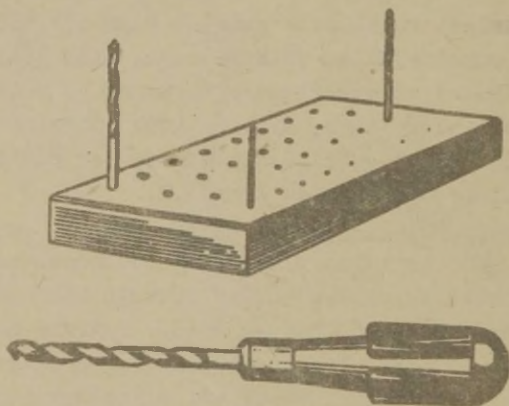
Keermetamisel tuleb ette puurida õige läbimõõduga auk. Kui me puurime liiga väikese augu, siis jääb keerme lõikur (vindipulk) ettepuuritud augu kinni ja võib puruneda, puurime aga suure augu, siis ei hoia lõigatud keere kruvi või polti kinni. Eriti oluline on see pehmemate elektrotehniliste materjalide korral.

Et puuride kasutamisel ei tuleks sobivat puuri väga kaua otsida, selleks tuleb valmistada puuridele spetsiaalne alus nii, et kõik vajalikud puurid asuksid mõõtude suurenemise järjekorras ühes või mitmes reas. Puuride asukohad tuleb märkida alusplaadile (alusplaadi materjaliks võib olla kas kõva puit (kask, tamm) või viniplast, tekstoliit jms.) ja augud tuleb puurida alusmaterjalisse sama puuriga.

Puuride läbimõõdud

Lõigatava keermeläbimõõt mm	Keermeläbimõõt mm	Keermetatud kruvi või poldi ette puuritava augu läbimõõt mm
2	1,6	2,2
2,5	2,1	2,8
3	2,5	3,3
4	3,3	4,4
5	4,2	5,5
6	5	6,5

Krasside eemaldamiseks kasutatavaid puure on soovitatav täiendada käepidemega, mida võib ise valmistada. Selleks tuleb puuri teine ots teritada (nelja)kandiliseks ja valmistada vastav puust või plastmassist käepide ja seejärel asetame puuri lukksepa-kruustangide vahele ning lööme haamriga talle käepideme otsa. Krasside eemaldamiseks on soovitatav valida puurid läbimõõduga 4; 6,5; 9 mm.



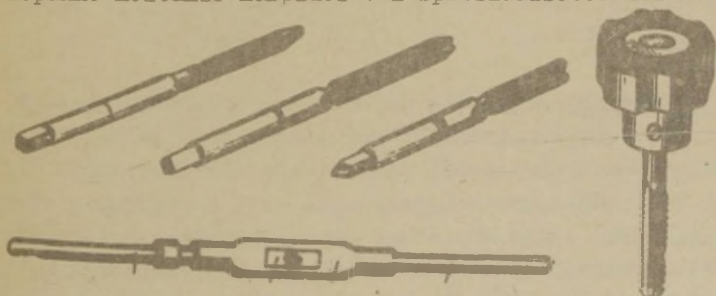
Joonis 35. Spetsiaalne alusplaat puuride hoidmiseks ja käepidemega puur krasside eemaldamiseks.

7. Keermetamise abinõud.

Keermelõikurid (vindipulgad). Keermelõikurite komplekti kuulub kolm keermelõikurit, kus esimene keermelõikur teeb musta lõike, teine süvendab ja kolmas lõikab juba kalibreeritud keerme. Keermelõikureid tuleb säilitada spetsiaalses kastis või puuride alusega sarnasel alusel, samuti võib nad paigutada puuridega ühisele alusele.

Keermelõikuri raami kasutatakse keermelõikuri kinnitamiseks keermetamisel. Raami ava võib olla tellitav vastavalt keermelõikuri suurusele või on olemas iga erineva suurusega lõikuri jaoks oma raam. Keerme lõikamiseks kasutatakse ka plastmassist käepidemega keermelõikurit (analoogiliselt krasside eemaldamise puuri käepidemega.)

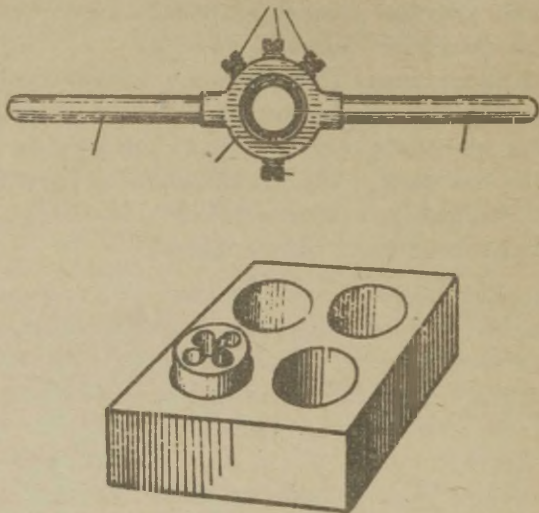
Keermepakid (kasutatakse nimetusi ka plaskad, lerkad). Keermepakkidega lõikame varraste ja torude välispindadele keerme. Keerme lõikamine toimub keermepakkide pealekeeramises materjalile (vardale) keermepakkide hoideraami abil käsitsi või pikemate keermete puhul treipingis. Et saada korralikku keeret, tuleb valida õige läbimõõduga varras, millele me tahame keeret peale lõigata. Sobivateks tööriistadeks on ca 3 - 5 - 10% võrra väiksema läbimõõduga materjalid kui soovitud (vajalikud) keermed. Keermepaki ja materjali ebaõigel valikul ei saa korralikku keeret. Keermepakke hoitakse karpides või spetsiaalsetes hoidlates.



Joonis 36. Keermelõikurite komplekt, tellitav keermelõikurite raam, spetsiaalse käepidemega keermelõikur.

Pärast töötamist keermepakkidega tuleb need puhastada pehme lapiga, õlitada ja panna tagasi oma kohale.

Keermetamisel asetatakse keermepakid vastavasse hoideraami, keermetatav materjal kinnitatakse aga kruustangide vahele (käsitsi keermetamisel) või treipinki (kasutatakse pikemate ja suuremate keermete lõikamise korral).



Joonis 37. Keermepakkide hoideraam ja spetsiaalne keermepakkide hoidja.

8. Drellid.

Elektridrell kergendab ja kiirendab eksperimentaalse aparatuuri (šassii, ekraanid, montaažplaadid) valmistamist. Kõiki šassiiisse puuritavaid auke ei ole alati võimalik täpselt ette näha, kuna eksperimentaalses aparatuuris võib nii mõnigi kord tulla muudatusi aparaadi häälestamise käigus. Elektridrelli puuripadrün on kuni 6 mm läbimõõduga puuri jaoks, vahel harva ka 8 mm läbimõõduga puuri jaoks. Õppetöökojas kasutatavat elektridrelli toidetakse vahelduv-

voolu võrgust 220 V 50 Hz. Elektridrelli kasutamine on eriti efektiivne sel juhul, kui seadet (šassiid) ei ole võimalik panna puurpingi alla või kui detaili äravõtmine põhiaparaadi küljest on küllaltki keerukas.

Käsidrell. Elektridrelli puudumisel tuleb kasutada käsidrelli eespool nimetatud juhtudel. Käsidrell on aga asendamatu aukude servadest krasside eemaldamisel, sest suurte kiirustega pöörlevate elektridrellidega võib krasside äravõtmise asemel kogemata suure augu läbi materjali puurida, käsidrelli võib erandjuhul kasutada ka suuremate keermelõikuritega keermetamisel.

9. Rauasaad.

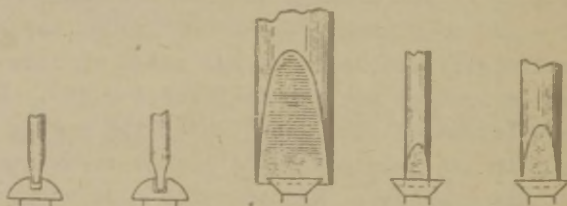
Rauasaagi kasutatakse nii pehmetest lehtmaterjalidest kui ka üarmaterjalidest (valgevask, punane vask, pehmed terased, alumiinium, eboniit, hetinaks, tekstoliit jms.) toorikute lõikamiseks šassii, ekraanide, karkasside tugipukside jms. valmistamisel.

Elektroonikaaparatuuri valmistamisel kasutatakse ka mõningate sisselõigete tegemiseks käepidemega rauasaelehte, mille võib ka ise edukalt valmistada. Selleks tuleb võtta 150 - 180 mm pikkune 20 - 25 mm laiune terasriba, panna kruustangide vahele ja hambad sisse viilida (hambad ei pruugigi seejuures eriti korrapärased olla). Seejärel kinnitame valmistatud riba (sae) metallist hoidja külge (ka selle võib ise valmistada) ja hoidja terav ots tuleb lüüa puust käepidemesse. Käepide võib olla valmistatud ka plastmassist.

Peale hariliku rauasae ja käepidemega rauasaelehe kasutatakse ka väikesi rauasaage (vineerisaag), mida valmistatakse tööstuslikult mitut marki. Väikesi rauasaage kasutatakse kinniste kontuurjoontega erineva konfiguratsiooniga aukude (ümarad, nelikantaugud jms.) väljalõikamiseks, puurides eelnevalt ette vähemalt ühe augu või mitu, kust alustatakse ka väljalõikamist.

10. Kruvikeerajad.

Kruvikeerajaid kasutatakse elektroonikadetailide ja -sõlmede kruvidega kinnitamisel. Kruvide kinnitamisel tuleb hoolikalt jälgida, et kasutataks vastavalt kruvi suurusele sobivat kruvikeerajat ja et kruvikeeraja oleks õigesti teritatud. Poolelioleva aparatuuri juures, kus on tarvis kinnitada kruvisid mitte juurdepääsetavates kohtades, kasutatakse kruvihoidjaga kruvikeerajat, s.t. kohtades, kus pintsettidega ja sõrmedega on kruvi kinnihoidmine võimatu. Kruvihoidja surutakse kruvikeeraja otsa poole ja pannakse vastav kruvi otsa nii, et sisselõige kruvipeas ühtiks kruvikeeraja otsa suunaga, seejärel lastakse kruvihoidja vabaks, mille vedru surub ta esialgsesse asendisse tagasi, ja kruvi jääb kruvihoidjasse kinni. Nüüd võime võetud kruvi paigutada vajalikku ligipääsmatusse kohta. Enne kui me kruvi päris kinni keerame, surume uuesti kruvihoidjale ja kruvi saab vabaks, kruvihoidja surutakse vedru mõjul ülespoole ja kruvikeeraja ots tuleb algasendisse tagasi ja nüüd võime kruvi lõpuni kinnitada. Kruvihoidjaid võib ka ise valmistada.



Joonis 38. Kruvide kinni- ja lahtikeeramiseks tuleb valida õige teritusnurga ja laiusuga kruvikeeraja; joonisel (vasakult paremale) vale, õige, vale, vale ja õige kruvikeeraja.

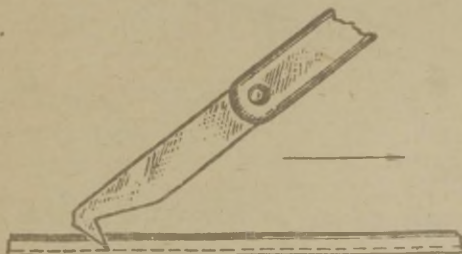


Joonis 39. Spetsiaalse kruvihoidjaga kruvikeeraja.

11. Kaabits.

Õhukesi (paksusega 2 - 3 - 4 mm) isolatsioonimaterjale (hetinaks, tekstoliit, eboniit, orgaaniline klaas, tsel-luloid jpt. lehtmaterjale) on võimalik lõigata (tükeldada) kaabitsa ja joonlaua abil. Kaabits tuleb valmistada kõ-vast terasest (rauasaalehest).

Kaabitsaga tuleb tõmmata joonlaua äärt pidi mitu kor-da, kuni lõikesügavus ulatub veerandini materjali paksu-sest, sama tuleb korrata materjali vastasküljelt (tahult) täpselt eelmise lõikejoone kohalt. Seejärel painakse lõi-gatav lehtmaterjal kahe plaadi vahele nii, et nende plaa-tide üks serv langeks lõikejoonega kokku. Need plaadid kinnitatakse käsikruustangidega isolatsioonimaterjali kül-ge, seejärel asetatakse lõigatav materjal plaatidega lauakruustangide vahele ning asetades kohale ka kolmanda plaadi (täpselt nii nagu šassii painutamisel, vt. joonis 29), murtakse materjal katki soovitud lõikejoont pidi.



Joonis 40. Isolatsioonimaterjalide lõikamine kaabitsaga. (Nool näitab joonisel kaabitsa liikumise suunda, materjali peal olev must riba on joonlaud.)

12. Võtmed.

Otsvõtmed. Mutrite kiireks kinnitamiseks või lahti-keeramiseks kasutatakse elektroonikaaparatuuri ehitamisel spetsiaalseid otsvõtmeid. Väliskujult meenutab otsvõti

kruvikeerajat, kuid kruviotsiku asemel on otsas toruvõti. Tangide kasutamisel otsvõtmete asemel lõhume mutrid ära, pealegi võtab tangidega mutrite kinnitamine palju aega.

Mutrivõtmeid kasutatakse samuti mutrite kinnitamiseks ja lahtikeeramiseks, eriti sobivad on mutrivõtmed siis, kui mutritele on võimalik ainult ühest küljest läheneda (juurde minna).



Joonis 41. Otsvõti
ja harilik mutri-
võti.



13. Haamrid.

Lukksepahaamer kaalub ca 200 - 300 g, teda kasutatakse šassii painutamisel lauakruustangide vahel, metalse lehtmaterjali rihtimisel rihvelplaadil, kärnimisel (aukude märkimisel lüüakse kärniga materjali sisse väike märk enne augu puurimist) jpt. töödel.

Kellassepahaamer on lukksepahaamrist palju väiksem oma kaalult ja mõõtetelt. Kellassepahaamrit kasutatakse tiiftide väljalöömiseks võllist, väikeste neetide neetimiseks jpt. juhtudel.

Puust haamer tehakse kõvast puidust (kask, tamm) ja teda kasutatakse metalse riba- ja lehtmaterjali (alumiinium, valgevask, punane vask jne.) sirgestamisel. Sirges-

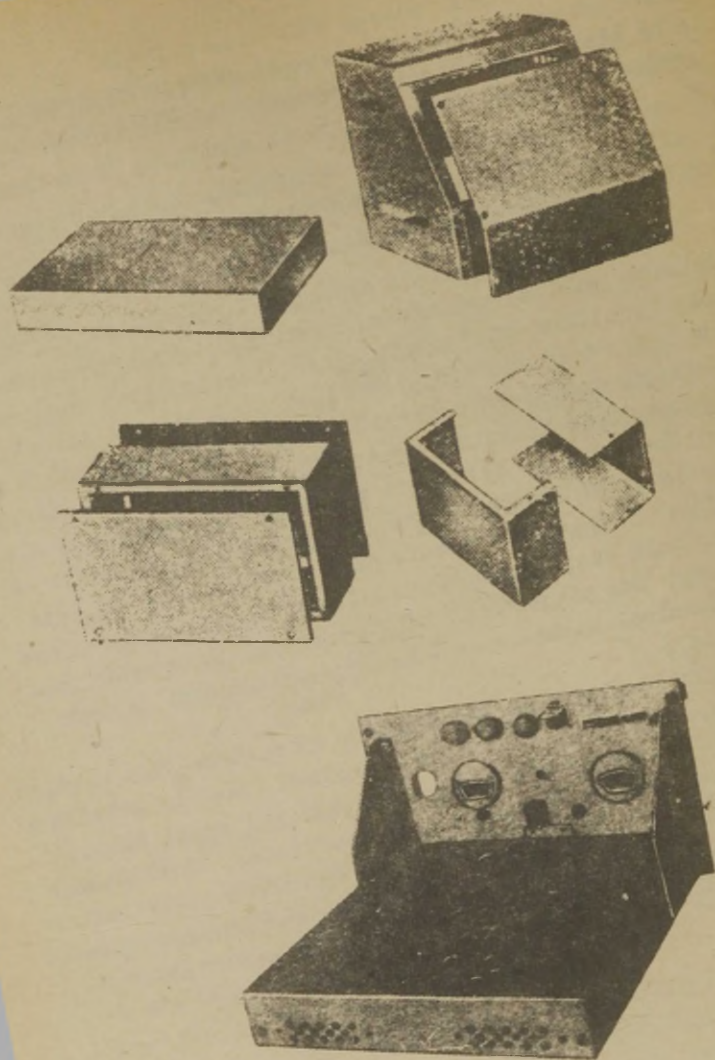
tatava materjali paksus võib olla piirides 0,5 - 2 mm. Metallmaterjali sirgestamisel ei jäta puust haamer viimasele jälgi, raudhaamriga tagudes aga jääb pind auklik ja kõver.

II. Šassii ja karkassi valmistamine.

1. Erineva konfiguratsiooniga šassiid.

Elektroonikaaparaadi ehitamist alustame šassii valmistamisest, mis vastaks nõutud tehnilistele tingimustele ja omaks vajalikku konfiguratsiooni. Šassii tuleb konstrueerida nii, et valmistatava aparaadi mitmesuguste detailide ja sõlmede vahelised elektrilised häired oleksid minimaalsed; detailide kaaluline jaotus üle kogu šassii oleks ühtlane; ühendatavate detailide väljaviikude vahekaugus oleks võimalikult minimaalne; aparaadi gabariit võimalikult väiksem jms. Valmistatav šassii peab kaalult olema küllalt kerge, kuid seejuures mehhaaniliselt vajaliku tugevusega (see ongi üks põhjustest, miks šassiide, karkasside jms. valmistamisel kasutatakse enamasti alumiiniumi ja tema sulameid).

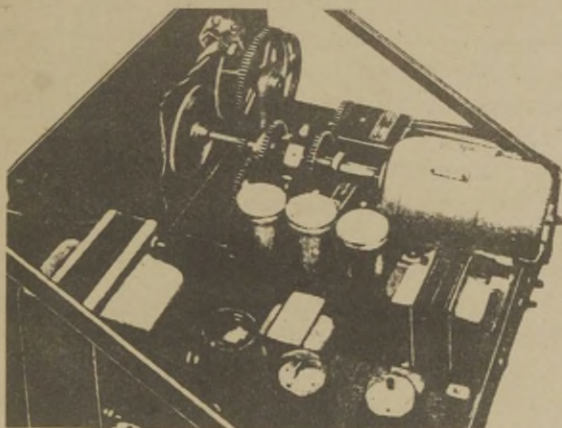
Lehtmaterjalidest on võimalik valmistada väga erineva konfiguratsiooniga šassiisid, mõnikord (raskete detailide ja sõlmede olemasolul) tehakse ka piki või risti šassiid tugevdussooned või kinnitatakse (needitakse, kinnitatakse kruvidega jne.) tugevdusribad mitmesugustest profiilmaterjalidest. Nõrga (õhukese) materjali tugevdamiseks kasutatakse ka nn. "hollandi" painutust šassii servades.



Joonis 42. Erineva konfiguratsiooniga šassiid.

2. Detailide paigutus šassiil.

Tavaliselt kinnitatakse suuremad elektroonikadetailid ja -sõlmed (näiteks jõutransformaatorid, drosselid, elektrolüütkondensaatorid jms.) šassii peale.



Joonis 43. Suuremate detailide paigutus šassii peal.

Šassii sisse paigutatakse harilikult väiksemad elektroonikadetailid ja -sõlmed (näiteks üksikud takistid, kondensaatorid, montaažplaadid, häälestuspoolid, häälestuskondensaatorid e. trimmerid jt.).

Sõltuvalt konkreetsest olukorrast võib paigutus olla väga mitmesugune, eespool nimetatud detailid ja sõlmed võivad endile koha leida kas šassii peal või tema sisemuses. Paigutamisel tuleb arvestada ökonoomsust, otstarbekohasust, lihtsust, ümbertegemiste võimalusi jms.

Esimeses järjekorras kinnitatakse eksperimentaalsete aparaatide šassiile suuremad detailid ja sõlmed (põhidedetailid), nende all mõistetakse mitmesuguseid raadiolambipesasid, drosseleid, transformaatoreid, elektrolüütkondensaatoreid, kondensaatoreid, potentsiomeetreid, montaažplaate, kaitsmepesi, signaallambipesi, lüliteid jms.

Iga konkreetse aparaadi juures tuleb arvestada põhidetailide paigutamisel tema iseärasusi. Üldiseks põhimõtteliseks paigutamise reegliks tuleb arvestada, et raadiolambid või transistorid asetseksid šassiil kasuliku signaali liikumise suunas. Ühendusjuhtmed, mida mööda liigub kasulik signaal, tuleb teha võimalikult lühemad, näiteks madalsagedusvõimendi puhul eelmise astme lambi anoodi väljaviik lambipesas peaks asetsema järgmise astme võre väljaviigu vastas jms. Võimalikult lühikeste montaažjuhtmete kasutamine on vajalik veel peale kasuliku signaali liikumise suuna ka katoodis, maanduses, toitejuhtmetes. Eriti oluline on see muidugi kõrgsagedusahelates.

Kui mingil põhjusel ei ole võimalik montaažjuhtmeid lühikestena teha, vaid tuleb nad tahes-tahtmata pikaks jätta, siis tuleb eriti hoolega jälgida anoodi ja võre ahelate (kollektori ja baasiahelate) montaažjuhtmeid. Need peavad olema eraldatud üksteisest, et vältida kahjulikku positiivset tagasisidet. Eriti tuleks jälgida, et nimetatud ahelate ühendusjuhtmed ei oleks paralleelsed üksteisega. Kui on eriline vajadus neid juhtmeid üle üksteise vedada, tuleks nad paigutada üksteise suhtes risti, siis on nende juhtmete vaheline elektromagnetiline side minimaalne.

Seoses aparatuuri gabariitide vähendamisega tuleb paigutada põhidetailid veelgi oskuslikumalt, kuid põhidetailide liigne lähedus üksteisele raskendab hiljem teenindaval personalil tema remonti ja hooldamist. Seepärast tuleb igal konkreetset juhul põhjalikult kaaluda minimaalsete gabariitide otstarbekust eksperimentaalse aparaadi jaoks. Pealegi võib ette tulla vajadus valmistatud aparaadi täiustamiseks või koguni ümberkonstrueerimiseks. Peale selle peab olema lihtne ja mugav teha šassii, karkassi sisemuses elektroonika montaažitöid; eksploatatsiooni ja remondi ajal aga peab olema tagatud rikkiläinud detailide mugav ja kiire kindlaksmääramine ja nende väljavahetamine.

3. Šassiimaterjali valik.

Šassiimaterjalina kasutatakse enamasti pehmet alumiiniumplekki paksusega 2 - 3,5 mm terve rea eeliste tõttu:

- šassii tuleb kaalult kerge,
- alumiiniumpleki töödeldavus on lihtne,
- alumiiniumplekist šassii ei vaja erilist pinnatöötlemist (pinda kaitseb edasise oksüdeerumise eest õhuke pinnaoksiidi kiht, raudplekk aga läheb rooste) jne.

Tööstuses (seeriatootmisel) kasutatakse aga enamasti šassiimaterjalina raudplekki (1 - 2,5 mm) toodetavate seadmete omahinna vähendamiseks.

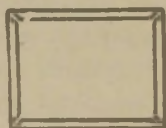
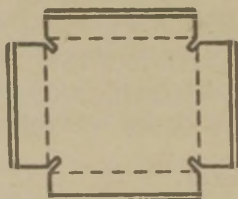
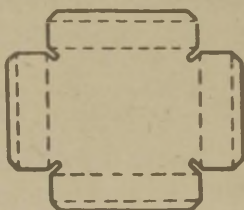
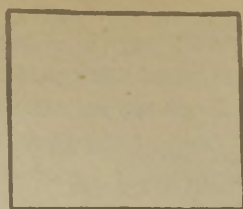
Kõrgepingeliste seadmete (toiteallikad, generaatorid jms.) ehitamisel tuleb šassii valmistada plastmassist (enamasti kasutatakse kihilisi termoreaktiivseid plastmasse - tekstoliit, hetinaks jms.), et saada ekraneeritud šassiid, kasutatakse folgeeritud plastmasse.

4. Šassii valmistamine.

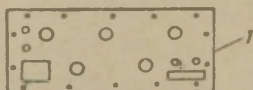
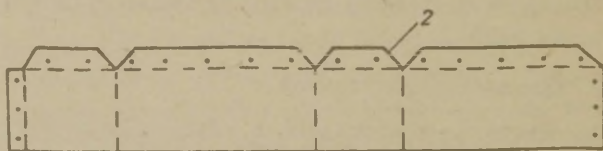
Šassiide valmistamiseks kasutatava lehtmaterjali lõikame suurte plekikääridega sobiva suurusega tükkideks, millesse hiljem puurime või stantsime vajalikud augud ja teeme vajalikud väljalõiked, seejärel sirgestame tooriku rihvelplaadil ja painutame painutuspingil, -pressil või kruustangide vahel.

5. Karkassi valmistamine.

Suuremate ja keerukamate elektroonikaaparaatide (aparatuuri) ehitamisel on sobiv kogu aparaat valmistada kompaktsena, kuid sealjuures üksikute iseseisvate blokkidena. Kõiki neid blokke ühendatakse omavahel elektriliselt näiteks tagaplaadile või šassii tagumisele servale kinnitatud kuplungite abil. Iseseisvatest blokkidest valmistatud aparatuuril on suured eelised: 1) tema valmista-

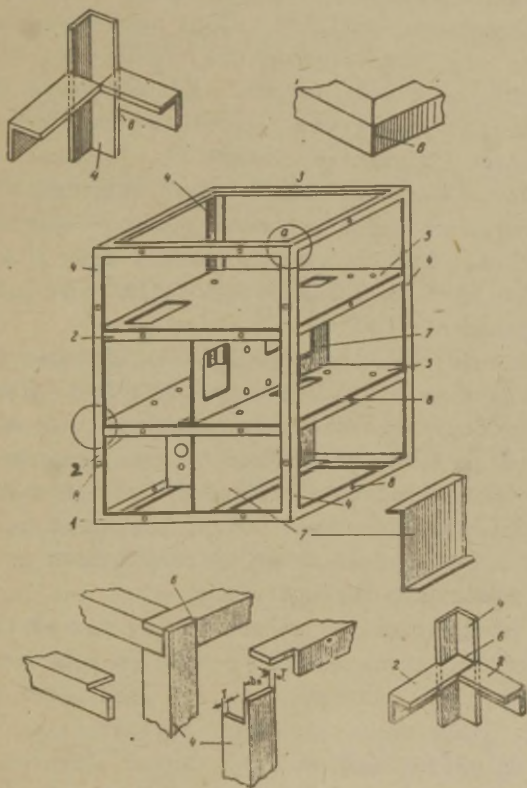


Joonis 44. Šassii valmistamine (punktiiriga on tähistatud painutusjooned).



Joonis 45. Kokkuneeditav šassii. 1 - šassii põhjaplaat, 2 - külgseinad (punktiirjoontega on näidatud painutuskohad).

misel lihtsustuvad montaažtööd ja 2) paranevad eksplua-
tatsiooni- ja remondivõimalused jms. Aparatuuri häälesta-
misel ühendatakse häälestatav blokk kogu aparatuuriga või
ainult toiteblokiga (vastavalt vajadusele) pikendusjuhtme-
te-kaablite abil (mille otstes on kinnitatud sobivad
kuplungid).



Joonis 46. Profiilmaterjalidest valmistatud kar-
kass. 1 - alumine raam, 2 - vahepealne raam (tu-
giraam), 3 - ülemine raam, 4 - vertikaalsed toed,
5 - riiulid, 6 - keevisõmblused, 7 - vertikaalsed
seinad, 8 - kinnitusavad.

Niisuguse aparatuuri käsitsemine on palju hõlpsam, kui me ehitame need iseseisvad "aparaadid" ühisele karkassile väljatõmmatavate blokkidena. Kõikidel väljatõmmatavatel blokkidel võib olla eraldi šassii ja esiplaat. Karkass valmistatakse tavaliselt profiilmaterjalidest.

Profiilmaterjalidest karkassi valmistamisel tuleb erilist tähelepanu pöörata profiilmaterjalide omavahelistele ühenduste tugevusele: millise kujuga need ühendused teha, kas ühendame profiilmaterjalid nn. "lukku" või lihtsalt vastamisi 45° -se nurga all jms. ja kuidas need ühenduskohad kinnitada, kas keevitada, kruvidega ühendada jms. (profiilmaterjalide ühendamist "lukku" vt. joonisel 46 toodud karkassi all). Karkassi (raamistiku) tugevdamiseks kinnitatakse nende nurkadesse lehtmaterjalist valmistatud tugevdusnurgikud. Kui karkass on valmis, siis lõikame külgtahkude, esi- ja tagaplaadi jaoks lehtmaterjalist sobiva suurusega plaadid.

Külgtahkude, esi- ja tagaplaatide lõikamisel tuleb arvestada, et ainult 2 tahku vastaskülgedelt võime lõigata samasse mõõtu karkassi (raamistiku) väliste mõõtudega, ülejäänud nelja tahu (sealhulgas ka esi- (esiplaadid) ja tagaplaat) lõikamisel tuleb mõõte suurendada kasutatava materjali kahekordse paksuse võrra, kusjuures neljast tahust kahel tuleb suurendada mõõte ainult ühes suunas kahekordse lehtmaterjali paksuse võrra.

Esi- ja tagaplaadiks on soovitatav ilu mõttes valida need kaks tahku, mille mõlemad mõõdud on kahekordse materjali paksuse võrra suuremad. Ka sel juhul, kui iga aparaadi bloki jaoks on ette nähtud esiplaat (blokid on ehitatud eraldi väljatõmmatavatena), tuleb arvestada mitmesuguseid tegureid nii, et aparaadi esikülge saaks nägus. Kõik külgtahud kinnitatakse karkassi külge kruvide või poltide abil, suuremate karkasside korral, vastavalt vajadustele, võib teha ka lisaluugid või reguleerimisavad karkassi külgtahkudesse. Luugid ja avad on vajalikud ka pidevat teenindamist vajavate raadiodetailide (rellekontaktid jms.) jälgimiseks.

6. Suurte aukude valmistamisvõimalusi.

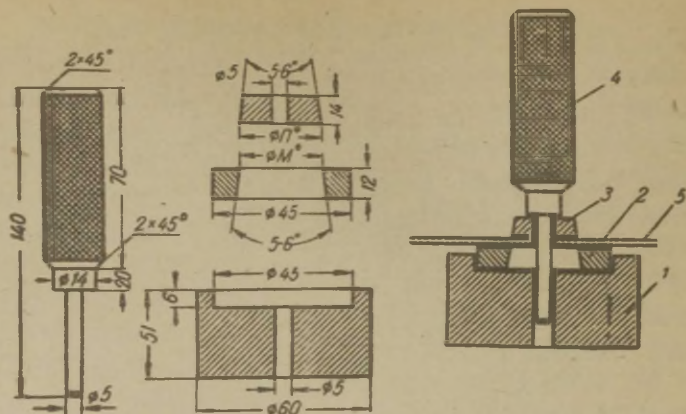
Šassii valmistamisel tuleb teha mitmesuguse suurusega auke; augud lambipesade paigaldamiseks, montaažjuhtmete läbiviimiseks šassiist, transformaatorite kinnitamiseks jne. Auke tuleb puurida ka teiste detailide ja sõlmede (varjekraanid, montaažplaadid, radiaatorid, igasugused kinnituskronsteinid jms.) valmistamisel. Aparaaadi töötamisel soojenevad paljud skeemielemendid (elektronlambid, pooljuhttriöödid jms.), selleks aga, et tagada valmistatud aparatuurile normaalseid töötingimusi, peame tekitama aparaaadi detailide vahel kunstlikult õhu tsirkulatsiooni, puurides sobivatesse aparaaadi tahkudesse jahutusaugud. Jahutusaugud tuleb puurida nii, et aparaaadi välisilme selle all ei kannata.

Lauapuurpink, elektridrell ja väikesed käsidrellid võimaldavad puurida auke läbimõõduga kuni 6 mm, suuremad käsidrellid võimaldavad puurida aga kuni 9-mm-se läbimõõduga auke. Nende aukude puurimisel kasutame eespool nimetatud seadmeid (kas lauapuurmasinat, elektri- või käsidrelle) sõltuvalt valmistatava detaili või sõlme kujust, gabariidist, ligipääsetavusest jms.

Paljude elektroonikadetailide ja -sõlmede kinnitamiseks on aga vaja veelgi suuremaid auke, kui seda võimaldavad nimetatud seadmed: näiteks augud näitavate mõõteriistade kinnitamiseks aparaaadi esiplaadile, lambipesade, elektrolüüt-kondensaatorite, transformaatorite jms. kinnitamiseks šassiile jne.

a. Universaalne raadiotehniliste mõõtude stants.

Suurte ümarate aukude tegemiseks võib kasutada universaalset raadiotehniliste mõõtude stantsi. Stantsi abil on võimalik lüüa auke lehtmaterjalidesse paksusega 0,5 - 3 mm. Enne stantsimist tuleb puurida 5 mm läbimõõduga auk stantsi juhtvardale ette, seejärel asetame stantsitava materjali oma kohale (vt. joon. 47) ja tugeva ning kiire haamrilöögi-ga stantsi juhtrauale saame soovitud läbimõõduga augu.



Joonis 47. Universaalne stants. Vasakul on toodud stantsi detailide joonised; paremal 1-alus, 2-mat-
riits, 3- tempel, 4-juhtraud, 5-stantsitav materjal.

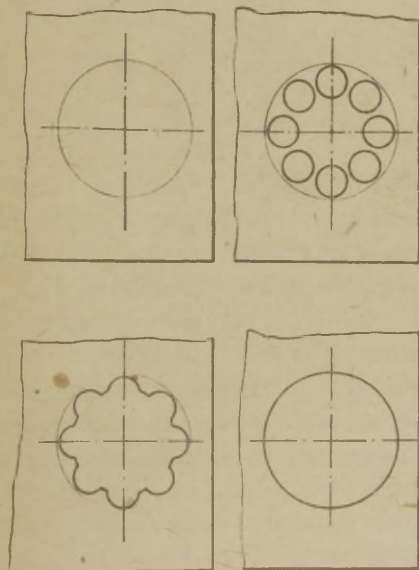
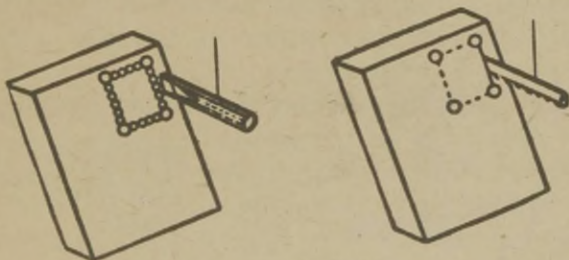
Universaalse stantside komplekti abil on võimalik stantsida auke läbimõõduga 10,5 mm (tumblerite, potentsio-
meetrite, lainelülitite jms. jaoks); 12,5 mm (tumblerite-
le); 16,0 mm (kaitsmepesa, signaallambipesa jne.); 19 mm
(7 jalaga lambipesa); 22 mm (9 jalaga lambipesa jaoks jms.)
jne.

b. Aukude suuremaks hõõritsemine. Vahepealsete mõõ-
tudega aukude saamiseks võime stantsida väiksema augu ja
koonilise hõõritsa abil suurendame augu kuni vajaliku mõõ-
duni. Hõõritsa puudumisel võime aukude suurendamiseks ka-
sutada ka ümaraid viile. Mõlemal viimasel juhul tuleb au-
gu servad hiljem šaabriga krassidest puhastada.

c. Aukude väljapuurimine. Suuremate aukude valmista-
miseks võime kasutada ka väikest puuri (läbimõõduga 3 -
6 mm), puurides vajaliku suure augu piirjoone siseserva
terve ringi väiksemaid (vastavalt puurile 3 - 6 mm) auke,
hiljem lõõme meisliga või saame augu südamiku välja ja ta-

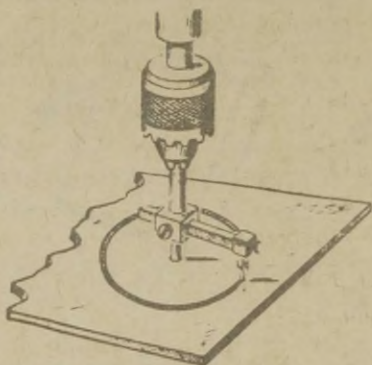
sandame augu servad (koonilise) hõõritsa või ümarviili abil. Selle meetodi suureks eeliseks on võimalus teha mitmesuguse konfiguratsiooniga (ümaraid, neljakandilisi jt.) auke.

Aukude hõõritsemisel (hõõritsa või ümara viiliga) tuleb saadud augu servad šaabriga puhastada krassidest. Viimati kirjeldatud meetod suure augu saamiseks on aega nõudvam ja tülikam võrreldes universaalse stantsiga, kuid eeliseks on see-eest erineva konfiguratsiooniga aukude võimalus.



Joonis 48. Mitmesuguse konfiguratsiooniga suurte aukude väljapuurimine; ülal - šassilisse suure neljakandilise augu valmistamine, all - suure ümara augu väljapuurimine, vasakult paremale - märkimine materjalile; väikeste aukude puurimine; augu südamik on eemaldatud; valminud auk.

d. Lendpuuri kasutamine. Suuremate aukude valmistamiseks kasutatakse ka nn. lendpuure. Lendpuuri kasutamisel puurime samuti materjalisse ette 5 mm läbimõõduga ava ja seejärel reguleerime lendpuuri õla vastavalt sobivaks augule (võrdseks lõigatava augu raadiusega) ja seejärel kinnitame lendpuuri puurpinkki ning lõikame vajaliku suurusga ava lehtmaterjali sisse. Lõikamisel tuleb kasutada puurpingi kõige väiksemat pöörlemiskiirust.



Joonis 49. Lendpuuriga suure augu lõikamine.

• 7. Aparaaadi kasti valmistamine.

Kast kaitseb elektroonikaaparaati kahjulike ilmastikutingimuste eest, on kaitseks põrutustel, kukkumistel jms.

Sõltuvalt aparatuuri ekspluatatsiooni tingimustest tuleb valmistada tema kast kas hermeetilisena või jahutusaukudega, tugevana või ainult ilu arvestades jne.

Tavalist aparaaadi kasti võib valmistada mitmesugusel viisil sõltuvalt tema skeemi iseärasustest ja konstruktsiooni võimalustest. Üheks mooduseks on näiteks teraseribadest raami valmistamine ja sellele raamile kergetest metallidest (alumiinium) külgl plaatide kinnitamine. Aparaaadi kasti raamimaterjalidena võib peale ribamaterjali kasutada ka vinklit, torumaterjali jms. (peale terase võib muidugi

kasutada ka mõnd teist materjali raami valmistamisel - duralumiiniumvinklit jt.).

Kõige enam kasutatavaks aparaadi kasti valmistamise viisiks on siiski šassiile esi- ja tagaplaadi põhja ja pealmise katte kinnitamine. Pealne kate on konstrueeritud nii, et ta katab aparaati pealt ja ka külgedelt ning ulatub eest ja tagant veidi üle esi- ja tagaplaadist. Aparaadi põhi (põhjaaplaat) kinnitatakse šassii alla, esi- ja tagaplaat aga vastavalt šassii ette ja taha. Esiplaadile paigutatakse ja kinnitatakse mõõteriistad, pidevalt kasutatavad reguleerimisnupud, häälestusindikaatorid, signaallambid, väljundklemmid jms., tagaplaadile aga enamasti toitekuplungid, väljundklemmid, kaitsmepesa jms. Peale selle varustatakse harilikult tagaplaat jahutusaukudega. Jahutusaugud puuritakse või stantsitakse ka põhjaaplaati. Kasutades aga tööstuses toodetavate aparaatide (lampvoltmeetreid, toiteblokkide jne.) valmiskaste eeskujuna, võime konstrueerida aparaadi kasti nii, et šassii on koos esiplaadiga väljatõmmatav jne.

Aparaadi kasti konstruktsiooni variante võib väga palju olla, kuid igal konkreetsel juhul tuleb otsustada sõltuvalt aparaadi elektrilise skeemi keerukusest, detailide gabariitidest, tüüpidest, võimalikest kahjulikest elektromagnetilistest sidestustest skeemi erinevate osade vahel jms., milline konstruktsiooni variant on kõige vastuvõetavam.

Aparaadi kasti konstrueerimisel tuleb arvestada ka mitmesuguseid muid tegureid, aparaadiga töötamise mugavust jms. Visuaalseks jälgimiseks ettenähtud mõõteriistad tuleb paigutada aparaadi esiplaadi keskele, enam-vähem silmade vaatekõrgusele jms. Suuremate aparaatide korral, kui on vaja kasutada mitut indikaatorit, grupeerime indikaatorid nii, et ühte gruppi ei satuks üle viie indikaatori (mõõteriista).

Juhtimis- ja reguleerimisnupud peavad asuma võimalikult lähemal oma indikaatorile, kuid nii, et aparaadiga

töötav operaator ei peaks käsi risti panema või käsi tih-
ti vahetama ja et ta ei varjaks oma kätega indikaatorite
vaatevälja jms.

B. ELEKTROONIKAAPARATUURI MONTAAZ.

Elektroonikaaparaatide ehitamisel tuleb pärast vaja-
like lukksepatööde lõpetamist alustada montaažtöid. Mon-
taažtööde kvaliteedist sõltub tulevase aparaadi töökind-
lus, eelkõige aga tema häälestamise keerukus ja seepärast
tuleb montaažtöödele pöörata erilist tähelepanu.

Elektroonikaaparatuuri ehituses nimetatakse montaa-
žiks üldisemas mõttes üksikute elektroonikadetailide meh-
haanilist ühendamist ühtseks sõlmeks (montaažplaat jms.),
nende sõlmede ühendamist aparaadiks või tema mõneks suure-
maks osaks - blokiks ja blokkide edasisel ühendamisel apa-
raadiks. Vene keeles tähistatakse montaaži üldisemas mõt-
tes sõnaga "сборка". Montaažiks kitsamas mõttes nimeta-
takse meie igapäevases kõnepruugis põhiliselt elektroo-
nikadetailide ja nendevaheliste ühendusjuhtmete jootmis-
e. tinutustöid. Montaažtööd üldisemas mõttes elektrooni-
kaaparatuuri valmistamisel oma töomahukuselt ületavad mon-
taažtööd kitsamas mõttes mitmekordselt. Enamikul õppe-
töökoja praktika käigus ehitatavatel elektroonikaaparaati-
del on põhilisteks mehhaanilisteks konstruksioonideks
sassi, esi- ja tagaplaad, põhi ja pealmine kate. Sassi
ja esiplaadi külge kinnitatakse harilikult ka kõik apa-
raadi detailid ja sõlmed. Aparaaadi detailid ja sõlmed

võib paigutada šassii külgseintele, horisontaalse tasandi mõlemale poolele ja esiplaadile nii, et nad ei kataks ega varjaks üksteist, seejuures on montaažtöödel ja hiljem eksploatatsiooni käigus juurdepääs neile kõikidele lihtne.

Sõltuvalt aga mõningatest ettenägematutest (skeemi muutus häälestamisel) ja ka ettenähtavatest tingimustest (ruumi kokkuvõid jms.) võib vajalikuks osutuda detailide ja sõlmede kinnitamine mitte ainult šassii külgseintele ja horisontaalse tasapinna mõlemale poole, vaid ka spetsiaalsete nurgikute vms. abil kinnitatud püsttugede, -kronsteinide jms. külge nii, et hiljem kohaleasetatud detailid ja sõlmed võivad osaliselt või täielikult varem kinnitatud detailid ja sõlmed ära katta. Niisugusel juhul tuleb kindlasti arvestada, et vähemalt eksploatatsiooni ja remondi korral oleks alumistele detailidele võimalik juurde pääseda. Millises järjekorras detailid ja sõlmed šassiile kinnitada, seda peab igal konkreetset juhul eraldi otsustama. Paljud autorid on arvamusel, et kõigepealt tuleb šassii sisemusse paigutada vajalikud detailid ja sõlmed ning need seal ka omavahel elektriliselt ühendada ja alles siis tuleks paigutada šassiipealsed, harilikult suuremad detailid ja sõlmed, lambipesad, elektrolüütkondensaatorid, kontuurpoolid, releed jms. Niisugust tehnoloogilist järjekorda põhjendatakse sellega, et paigutades šassiipealsed suuremad detailid ja sõlmed kohale, esmajärjekorras ja alustades šassii sisemuses montaažitööd, tuleb šassii ümber keerata ning õrnamad detailid ja sõlmed, nagu võnkeringid, releed jt. võivad puruneda. Mitmed autorid aga soovivad esimestena kohale paigutada just suuremad detailid ja sõlmed, nii šassii peale kui alla. Kui juba suuremad detailid ja sõlmed on kohale pandud, kinnitatud, siis on alati lihtsam leida ruumi väikesete detailidele ja sõlmedele.

Esimene variant on kindlasti õigem elektroonikaaparatuuri suurseeria- ja masstootmise korral, kus on ette tehtud täpsed montaažskeemid jms., kuid eksperimentaalse

aparatuuri valmistamise tingimused on teistsugused ja see-
pärast on siin mõistlikum paigutada ja kinnitada elektroo-
nikadetailid ja -sõlmed teise variandi järgi. Eriti õrnad
detailid ja sõlmed (elektronlambid, fotoelemendid, kvartsid
jms.) tuleb asetada aparaati vahetult enne häälestamise al-
gust.

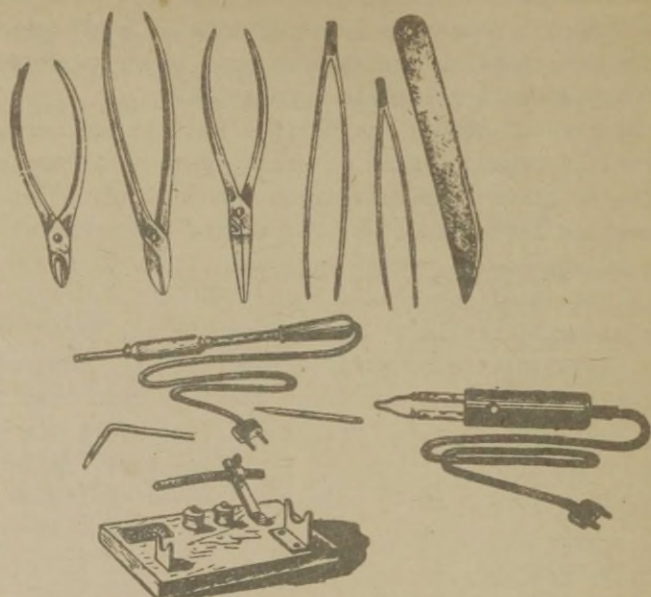
I. Töövahendid ja nende kasutamine.

Eksperimentaalsete elektroonikaaparaatide montaažtöö-
de tegemiseks kasutatakse samuti universaalseid töövahen-
deid. Kuigi mõned töövahendid on täpselt samad või sarna-
sed lukksepatööriistadega (lõikurid, ümarmokktangid, käärid
jpt.), et tohi me montaažtööde jaoks ettenähtud tööriistu
kasutada lukksepatöödeks. Kui näiteks kasutaksime ühte ja
sama lõikurit (lõiketange) lukksepatöös neetide, kruvide,
jämedate traatide jms. katkihammustamiseks, siis montaaž-
töös pehmest vasest montaažtraadi katkihammustamiseks on
lõiketangid nõuad. Põhjendus, et töövahendeid (lõikurid,
käärid jms.) võib teritada, ei pea siin paika, sest tööva-
hendite sagedane teritamine nõuab esiteks suurt ajakulu
ja teiseks kulub tööriist kiiresti ära. Montaažtöödel ka-
sutatakse rohkem külglõikureid, aga vahel ka otslõikureid,
lõikuritega lõigatakse montaažjuhtmeid läbimõõduga kuni 1 mm,
detailide väljaviike jms. Ka kääre võime kasutada samaks
otstarbeks, kuid peenemate montaažtraatide lõikamiseks,
peale selle võib kääridega lõigata presspappi, kartongi,
mitmesuguseid isoleerpabereid (kondensaatori paber jms.),
lakkriiet jne. Ümarmokktangide või tugevamate pintsettide
abil painutame montaažjuhtmeid, detailide väljaviike nende
kinnitamisel montaažplaatidele jms. Raadioelektroonika
montaažtöödel on pintsetid niisama vajalikud nagu joote-
kolbki. Heade pintsettidega on võimalik kiiresti ja ker-
gelt väikeste elektroonikadetailide väljaviike painutada,
montaažjuhtmeid painutada, kinni hoida jms. Kõige sobivam
on kasutada pintsette pikkusega 130 - 140 mm. Tavaliste

montaažjuhtmete ja elektroonikadetailide väljaviikude tinutamisel hoiame neid kinni karedate (karestatud mookadega) pintsettidega, peenemate montaažjuhtmete ja väiksemate detailide peenemate väljaviikude korral tuleb kasutada silemaid (karestamata mookadega) pintsette.

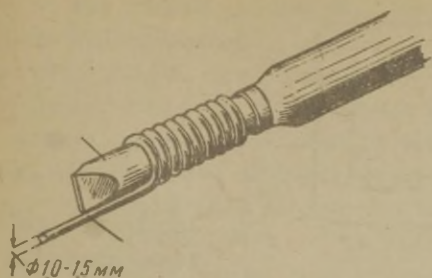
Elektroonikadetailide väljaviikude ja montaažjuhtmete omavaheline kokkujootmine e. -tinutamine on iseenesest võrdlemisi lihtne, keerulisem on aga montaažjuhtmete otste puhastamine isolatsioonist. Kasutades puhastamiseks nuga, kääre või skalpelli, võime kergesti vigastada montaažjuhtmete kiude ja hiljem võib montaažjuhe töötavas aparaadis katkeda; eriti ohtlik on nende terariistade kasutamine peente ja peenekiuliste montaažjuhtmete korral. Montaažjuhtmete vigastuste vältimiseks võime kasutada termilist (elektrilist) juhtmepuhastajat. Niisugust elektrilist juhtmepuhastajat on võrdlemisi lihtne ka ise valmistada: isolatsioonimaterjalist (tekstoliit, puit jne.) teeme käepideme, kütteniiti hoidvad toed teeme soojust hästi juhtivast materjalist (vask, alumiinium jms.) ja nende tugede otsa kinnitame kroonnikkeltraadist (läbimõõduga 0,5 - 1 mm) küttekeha. Käepideme külge monteerime nupplüliti (mille kontaktid peavad kannatama küllalt tugevat elektrivoolu). Küttekeha tuleks valida küllalt lühike, seejuures tema mehhaaniline tugevus küll suureneb, kuid elektriline vastupidavus väheneb. Seejärel on mõistlik kasutada madalpingelisi (2 - 3 - 6V) juhtmepuhastajaid, sõltuvalt valitud kütetraadi pikkusest.

Ka jootekolvi omadustele tuleb pöörata erilist tähelepanu. Elektroonika montaažitöödel kasutatakse elektrilisi jootekolbe. Kasutatakse kahte jootekolbi, üks neist on väiksem (35 - 65 W), tavaliste montaažitinutuste jaoks, teine jootekolb on suurem (90 - 200 W), massiivse südamikuga ja on mõeldud suuremate detailide ja jõuahela juhtmete tinutamiseks (näiteks varjeekraanide tinutamine jms.). Mõlemate jootekolbide südamikud on lihtsalt vahetatavad. Südamikud on tehtud vasest ja on töötamise ajal pidevalt kuumad. Jootetina koos kampoliga süüb aja jooksul vask südamikku, peale



Joonis 50. Montaažtöödeks kasutatavad töövahendid: lõiketangid, üarmokktangid, pintsetid, nuga, jootekolb, jootekolvi alus, termiline (elektriline) juhtme puhastaja.

selle südamik mustub ja viiliga puhastades kulutame teda samuti. Jootekolbide südamikud on mitmesuguse kujuga vastavalt vajadustele: sirged, nurga all jms. Väikeste ja üliväikeste ning kuumakartlike elektroonikadetailide jootmiseks varustatakse jootekolvi ots jämedast vasktraadist (\varnothing 1,0 - 1,5 mm) valmistatud spetsiaalse otsikuga.



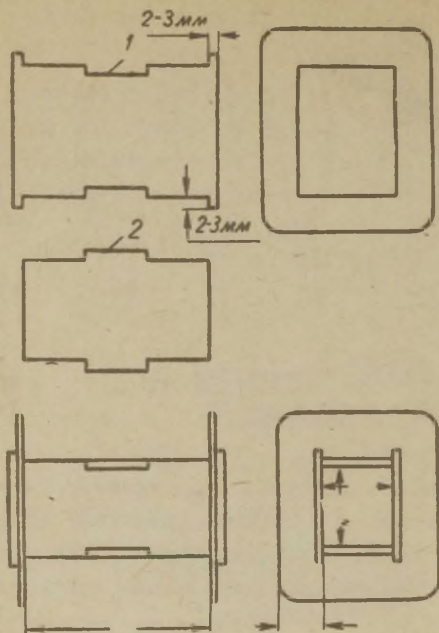
Joonis 51. Väikeste ja kuumakartlike detailide jootmiseks kohandatud jootekolvi otsik.

II. Transformaatorite, drosselite ja poolide valmistamine.

Elektroonikaaparatuuri ehitamisel on transformaatorite, drosselite, releede jt. keritud (mähitud) sõlmede valmistamine aega nõudev, kõige vastutusrikkamaks tööks aga seejuures on mähiste kerimine varem valmistatud karkassile.

Kõik keritavad mähised (ükskõik millise keritud sõlme valmistamiseks) võime jagada kahte suurde rühma - ühekihilised ja mitmekihilised. Ühekihilisi mähiseid võime kerida rida-, bifilaar- ja toroidmähistena, mitmekihilisi mähiseid aga rida-, bifilaar-, sektsioneeritud, ketas-, spiraal-, püramidaal-, universaal-, rist-, toroidmähistena jne. Nagu loetelust nähtub, on mähiste tüüpe väga mitmesuguseid ja kõikide nendega me lähemalt tutvuda ei saa. Vaatleme lähemalt madalsagedustransformaatorite, -drosselite, releede jms. sõlmede juures kasutatava kõige lihtsama mitmekihilise riidamähise valmistamist.

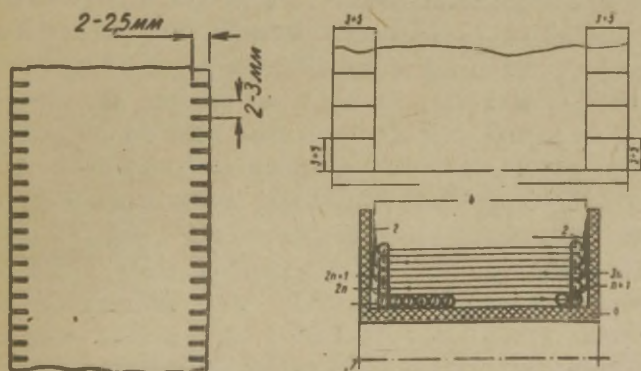
Madalsagedustransformaatorite või drosselite valmistamist alustatakse (eeldusel, et transformaator on varem juba arvutatud, tema skeem ja südamiku plekid olemas jms.) karkassi valmistamisest vastavalt transformaatori plekkide mõõtmetele.



Joonis 52. Madal-
sagedustransfor-
maatori (-drosse-
li) karkassi joo-
nis. (Mõõtmel tuleb valida vasta-
valt transformaatori südameku
plekkidele.)

Sõltuvalt transformaatori (drosseli) tüübist (kõrgepingeline, madalpingeline, hermetiseeritud või mitte jne.), edasistest kasutamisoludest jms. valmistatakse madalsagedustransformaatori (drosseli) karkass kas hetinaksist, tekstoliidist, orgaanilisest klaasist vms. Valminud karkassi peale tuleb kerida vastavalt transformaatori (drosseli) andmetele mähis või mähised. Enne kerimist tuleb teha mõõtmel sobiv puuklots transformaatori (drosseli) karkassi kinnitamiseks kerimispinki. Puuklotsi mõõtmel peavad olema samad mis karkassi sisse tuleva transformaatori plekkide sambal. Asetame karkassi puuklotsile peale ja kinnitame ta kerimispinki. Järgnevalt lõikame valmis mähiste ja ühe ja sama mähise kihidevahelise isolatsioonimaterjali. Mitmekihiliste mä-

histe ja ühe mähise kihtidevahelise isolatsioonina võime kasutada kondensaatori-, telefoni- või kaablipaberit, lakkriiet, kalkat, presspappi jms. Valik tehakse sõltuvalt konkreetsetest võimalustest ja tingimustest: mähise ärahaatuvusest, kihtide- ja mähistevahelistest pingetest, kasutatavate mähisetraatide tüübist jms. Mähiste ja kihtidevahelised isolatsioonimaterjali ribad lõikame veidi laiemad (ca 4 - 5 mm laiemad) kui varem valmistatud karkassi laius, sest mingil juhul ei tohi erinevad mähised ja ühe ja sama mähise erinevad kihid omavahel kokku puutuda. Tavaliselt pannakse ühe ja sama mähise kihtide vahele üks kiht isolatsioonimaterjali (kalkat, kondensaatori-, telefonipaberit vms.) ja erinevate mähiste vahele 3 - 5 kihti isolatsioonimaterjali sõltuvalt mähistevahelisest pingest jms. Ka karkassi põhja paneme ühe kihi isolatsioonimaterjali.



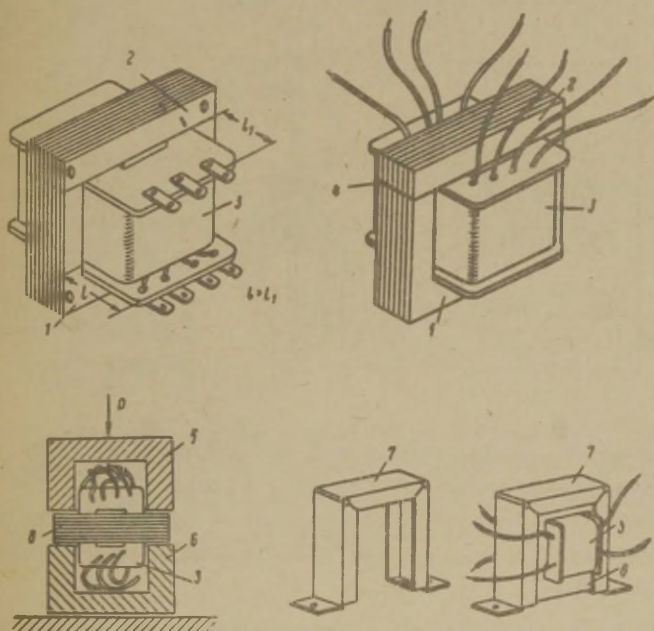
Joonis 53. Erinevate mähiste ning ühe ja sama mähise kihtidevahelise ettevalmistatud isolatsioonimaterjali riba (vasakul). Isolatsioonimaterjali paigutus mähise kihtide vahele (paremal).

Ette valmistanud mähiste ja kihtidevahelise isolatsioonimaterjali ribad ning transformaatori väljaviikude juhtmed, kõik mähisetraadid, mis on läbimõõdult $\leq 0,5$ mm, toome transformaatori karkassist välja spetsiaalsete painduvate mitmekiuliste väljundjuhtmetega, milleks võime kasutada näiteks montaažjuhtmeid МГБД, МГШД, МГШДО, МГБОО, ПМБГ, МШБ jt.; jämedamad mähisetraadid võime välja tuua ka ilma spetsiaalsete väljundjuhtmeteta, isoleerides väljaviigud ainult rüüžiga (kloorvinüülitoru) ja seadnud paika kõik vajalikud kerimisingi häälestusnupud (keritava mähisetraadi läbimõõdu näitaja, keerdude lugeja, kerimispiirajad kummaski suunas, etteantava mähisetraadi pingutusseadme jms.), võime alustada mähise (mähiste) kerimist.

Esimesena keritakse transformaatori karkassile harilikult võrgumähis ja viimasena küttemähised (suurevoolulised mähised). Võrgumähise ekraneerimiseks võib kerida lihtsalt ühe lisakihi mähist, mille üks ots jääb õhku (ühendamata) ja teine tuleb maandada (ühendada aparaadi korpusega), või panna võrgumähisele isoleeritult üks kiht vaskfolgaad nii, et ta ei moodustaks lühiskeerdu. Kerimistööde kvaliteedist sõltuvad keritud toodete parameetrid, töökindlus, vastupidavus ülekoormustele jms.

Kui kõik mähised on karkassile peale keritud ja vajalikud ekraneerimised (varjestamised) tehtud, pannakse viimane kiht veidi tugevamast isolatsioonimaterjalist (presspapp, kartong, lakkriie), et vältida pealmise mähise kõiki võimalikke vigastusi. Järgnevalt eemaldatakse täiskeritud karkass kerimisingist ja asetatakse kohale transformaatori südamik (transformaatori plekid). Kui meil on tegemist transformaatoriga, siis tuleb südamiku plekid paigutada nii, et ei tekiks õhupilu (pikemad ja lühemad üle teineteise vahetuvad), drosseli puhul pannakse kõik ühesugused plekid karkassi ühelt poolt, lühemad teiselt poolt ja vastavalt vajaliku õhupilu laiusele lõigatakse südamike poolte vahele tükike vasta-

vat isolatsioonimaterjali (lakkriiet, presspappi, kartongi vms.). Kui kõik transformaatori karkassi sisse mahtuvad süd-
damiku plekid on kohale asetatud, pigistatakse transfor-
maatori (drosseli) südamikku spetsiaalsete klambrite va-
hel (vt. joonis 54) ja asetatakse südamiku plekke veel
juurde. Seejärel kinnitatakse transformaatori (drosseli)
südamik spetsiaalse klambriga (klambritega).

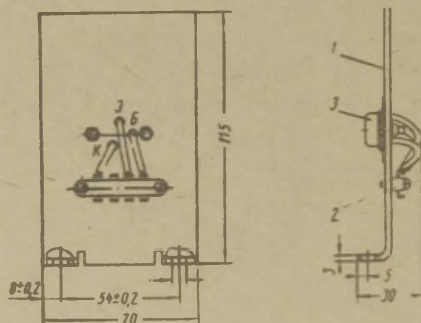


Joonis 54. Transformaatori (drosseli) valmistamine.
(III - kujuline südamik). Ülal vasakul südamiku plek-
kide paigutus transformaatori südamikuna, paremal
drosseli südamikuna. All vasakul südamiku pigista-
mine spetsiaalsete klambrite vahele, paremal spet-
siaalse südamiku kinnitusklamber. 1 - III -kujuline
plekk, 2 - tema vastasplekk, 3 - mähised ja karkass,
4 - õhupilu, 5,6 - spetsiaalse kinnitusklaabri üle-
mine ja alumine pool, 7 - kinnitusklamber.

III. Mitmesuguste detailide valmistamine ja kinnitamine.

1. Radiaatorite valmistamine.

Kõige enam kuumenevad üle võimsad pooljuhttrioodid, nende jahutamiseks kasutatakse soojust ärajuhtivaid radiaatoreid, mida võib ise valmistada heast soojusjuhist (vasest, alumiiniumist).



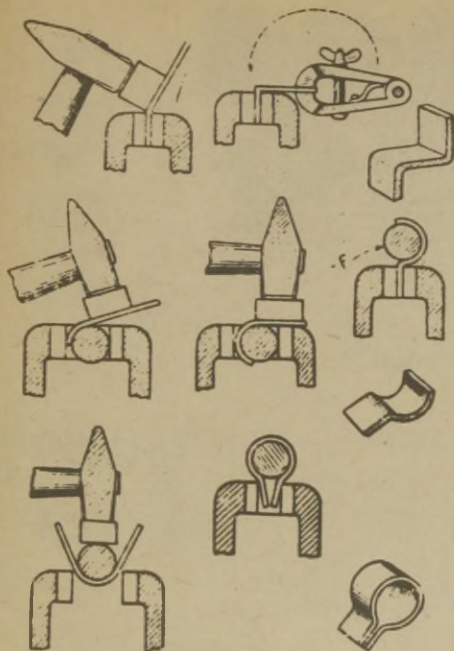
Joonis 55. Transistori radiaator (võimsus ca 4 - 5 W). 1 - radiaator, 2 - klemmliist, 3 - transistor.

Joonisel toodud radiaatori valmistamiseks tuleb 3-mm-sest lehtmaterjalist (vasest, alumiiniumist) lõigata plekikääridega vajaliku suurusega toorik, viilida täisnurkseks, teha vajalikud väljalõiked, puurida augud ja painutada.

2. Kinnitusdetailide valmistamine ja kasutamine.

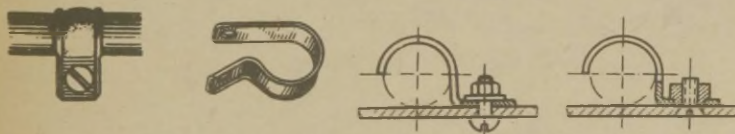
Sõltuvalt põhi- ja abidetallide kujust võivad kinnitusdetailid olla väga erinevad ja seetõttu kasutatakse nende valmistamiseks samuti erinevaid töövahendeid ja võtteid.

Kinnitusdetalle valmistatakse painduvast (pehmest) materjalist (alumiinium, vask, valgevask, väikese süsinikusisaldusega terased jms.).

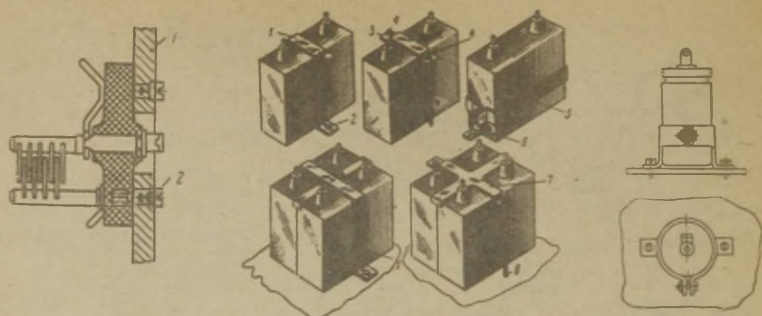


Joonis 56. Kinnitustetailide valmistamine.

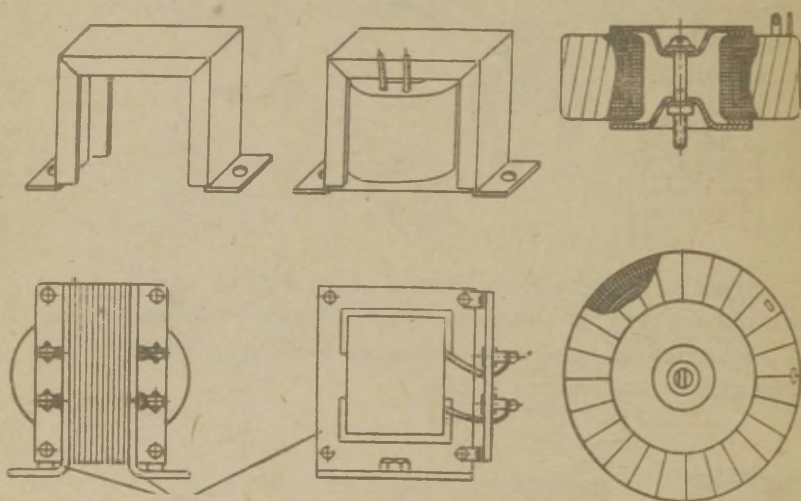
Kinnitustetailide kasutatakse mitmesuguste elektroonikadetailide ja -sõlmede kinnitamisel. Järgnevatel joonistel on toodud mitmesuguseid näiteid kinnitustetailide kasutamise kohta.



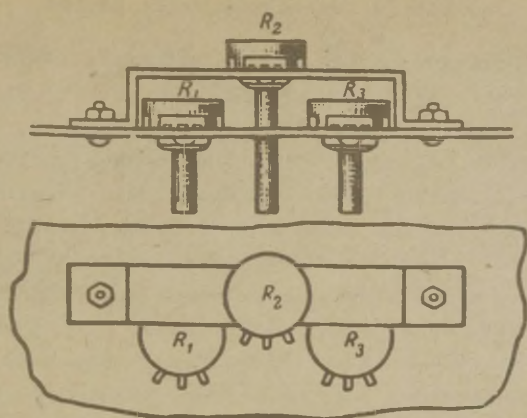
Joonis 57. Aparaaadi toitejuhtmete ja montaaž-žguttide kinnitamiseks kasutatavad spetsiaalsed klambrid.



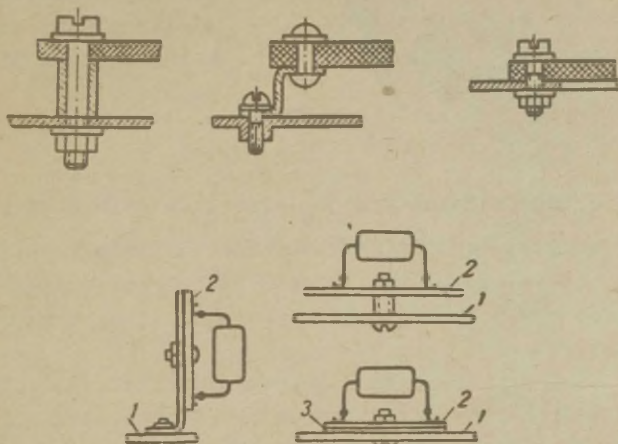
Joonis 58. Erinevate kondensaatorite mitmesuguseid kinnitamismõimalusi.



Joonis 59. Erinevate transformaatoreite kinnitamismõimalusi: (vasakul) U-kujuliste transformaatorei südameke spetsiaalsed kinnitusklaambrid, (paremal) toroidtransformaatorei kinnitamine šassiil.



Joonis 60. Potentsiomeetrite kinnitamine väikesele esiplaadile.



Joonis 61. Montaažplaatide ja -paneelide kinnitamine (sassiist isoleeritult).

3. Klemmide ja kuplungite valmistamine.

Ekspérimentaalsete elektroonikaaparaatide valmistamisel tekib alati vajadus mitmesuguste konfiguratsioonidega klemmide (maandusklemmide), pistikute, kuplungite jms. järele. Klemmid valmistatakse tavaliselt vasest, et jootmine oleks lihtsam. Maandusklemmid valmistatakse võrdlemisi lihtsad, seibikujulised, varustatud jooteliblega, mille külge joodetakse skeemi maandusjuhe. Maandusklemmid kinnitatakse transformaatori, lambipesa vms. detaili või sõlme kinnituskruvi alla. Maandusklemmid võib valmistada ka kaablikingakujulistena jms. Ka mõnigad kuplungid võib ise valmistada, kasutades selleks lambipesi ja vanu, mittetöötavaid elektronlampe jms.

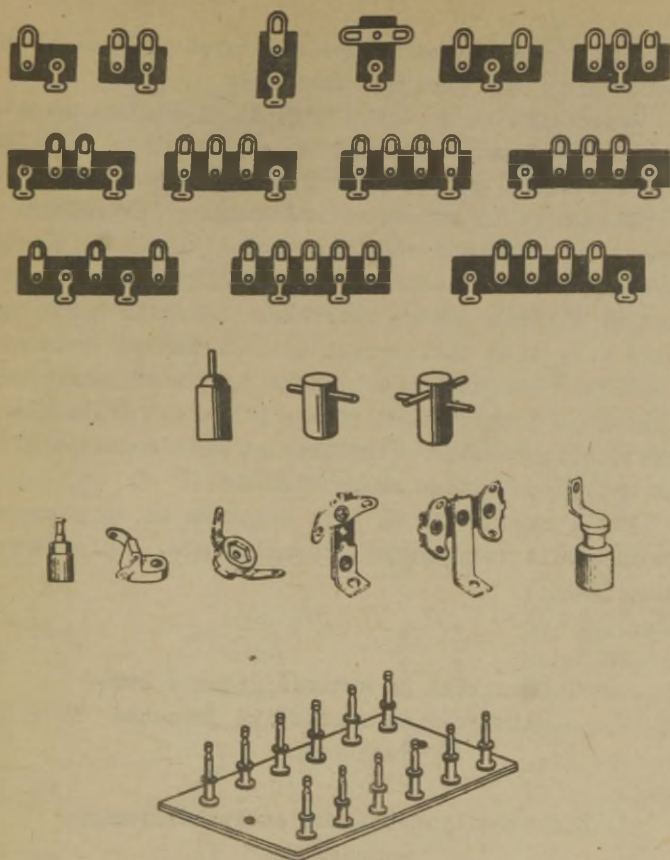


Joonis 62. Mittetöötava elektronlambi soklist valmistatud kuplungi üks pool.

4. Montaažplaatide ja -paneelide valmistamine.

Montaažplaadid valmistatakse harilikult hetinak-sist või tekstoliidist, erandjuhtudel (eriotstarbel) tehakse montaažplaadid ka klaastekstoliidist vmt. materjalist.

Montaažplaatideks kasutatavaid materjale võib lõigata (tükeldada) nii ketassaga (-freesiga) kui ka kaabitsaga (kaabitsaga töötlemise tehnoloogiat vt. eestpoolt), seejärel viilitakse vajalikud toorikud täisnurkseks (ja mõõtu) ja eemaldatakse krassid. Järgnevalt puuritakse augud vastavalt montaažskeemile montaažplaadi toorikusse (skeemitiftide, kinnituskruvide jms. jaoks). Skeemitifti-



Joonis 63. Mitmesuguste montaažklemmide, -tuge-
de, -paneelide, -plaatide näiteid.

de jaoks puuritud augud ühelt poolt (montaažplaadi tagu-
mine külg) faasitakse, teiselt poolt, kuhu tulevad ka
elektroonikadetailid peale, eemaldatakse ainult krassid
ja needitakse seejärel eelnevalt valmistatud skeemitif-
tid paika. Kuna aga skeemitiftide stants võimaldab teha
ainult kindla pikkusega (universaalseid) skeemitifte, siis

sõltuvalt montaažplaadi paksusest tuleb lõigata skeemitiftide needitav osa parajaks pikkuselt.

Skeemitiftide ja üldse kõikide montaažklemmide minimaalseks vahekauguseks tuleb montaažplaatide valmistamisel arvestada 6 mm. Skeemitifte valmistatakse 1,5 mm läbimõõduga vaskjuhtmest või samasuguse läbimõõduga mähisetraadist. Mähisetraadi kasutamisel tuleb eelnevalt eemaldada peene liivapaberi abil lakikiht nii, et mähisetraat ei muutuks ülearu kõveraks. Lakikihi eemaldamisel tuleks pingutada mähisetraat näiteks kahtede kruustangide vahele. Järgnevalt tükeldame 1,5-mm-se vasktraadi spetsiaalse lõikuri abil paraja pikkusega tükideks (tiftitoorikuteks) ja spetsiaalse tiftipressi abil pressime tiftitoorikutest skeemitiftid.

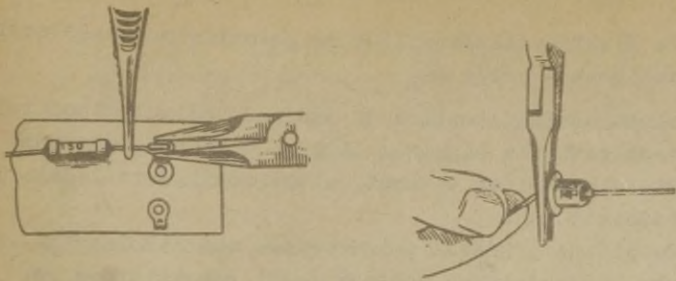
Peale skeemitiftide võib kasutada ka teistsuguseid tööstuslikult valmistatud montaažklemme, montaažtugesid jms.

IV. Detailide ja montaažjuhtmete ettevalmistamine montaažiks ja nende montaaž.

1. Elektroonikadetailide ettevalmistamine montaažiks.

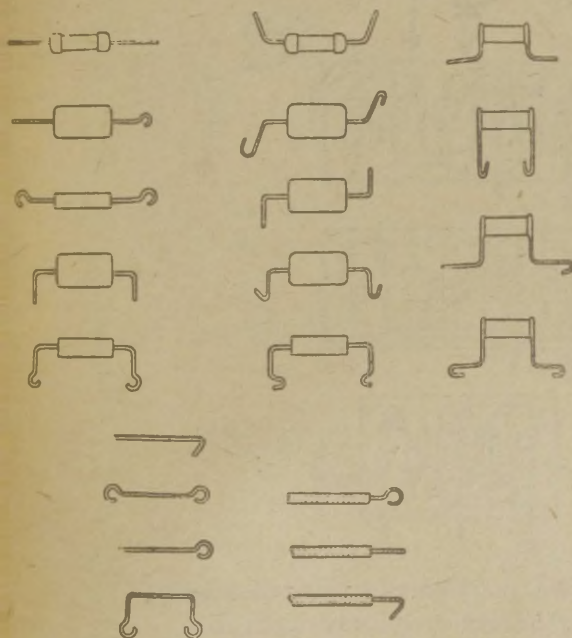
Elektroonikadetailide (takistid, kondensaatorid, diodid, transistorid, termistorid jms.) kinnitamiseks montaažplaadile (-paneelile) tuleb eelnevalt nende detailide väljaviigud painutada vastavalt montaažklemmide, skeemitiftide, montaažtugede jms. konfiguratsioonile, vahekaugusele jne. Elektroonikadetailide väljaviike võime painutada pintsettidega, ümarmokktangide jms. abil.

Elektroonikadetailide väljaviikude painutamisel tuleb arvestada, et detailide montaažil jääks nende



Joonis 64. Detailide väljaviikude painutamine.

markeering, nominaalväärtus jms. väljapoole, nähtavaks. Niisugune detailide paigutus hõlbustab tunduvalt aparaadi ekspluatatsioonil rikkiläinud detailide kiiremat avastamist ja väljavahetamist.

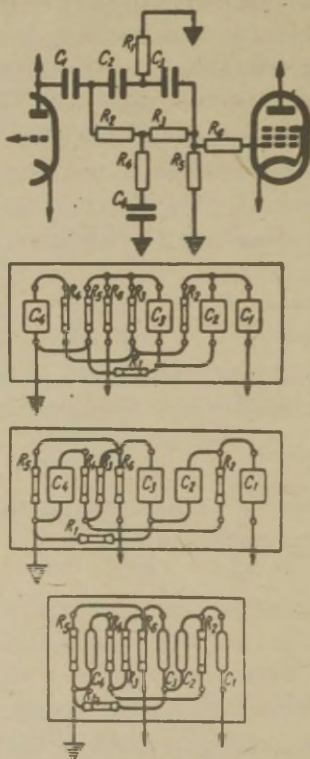


Joonis 65. Detailide painutatud väljaviikude ja montaažjuhtmete ettevalmistatud otsete näidiseid.

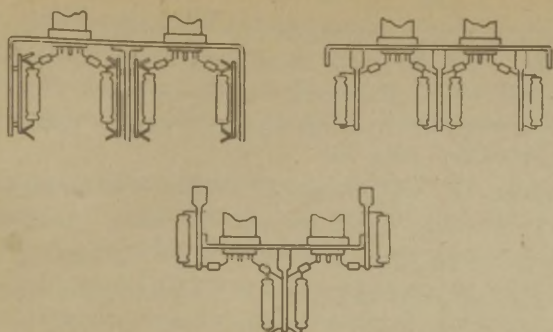
2. Elektroonikadetailide paigutamine montaažplaatidele, lambipesade külge jm.

Elektroonikadetailide ja -sõlmede paigutamisel tuleb arvestada kasuliku signaali liikumise suunda, montaažjuhtmete minimaalset pikkust, elektroonikadetailidele liigipääsetavust jms.

Detailide erineval paigutamisel montaažplaadile võime kokku hoida näiteks montaažplaadi gabariitides või montaažjuhtmeid jne.



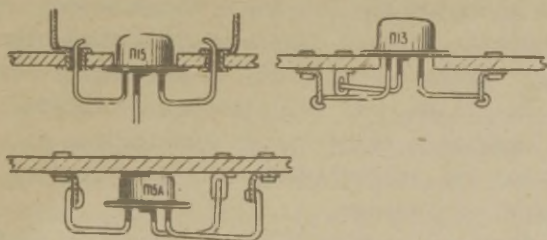
Joonis 66. Ühe ja sama elektrilise skeemi detailide erinevaid paigutusvõimalusi montaažplaadil (viimase variandi juures montaažplaadi gabariit väheneb).



Joonis 67. Detailide erinevaid paigutamisevõimalusi lambipesade suhtes (viimase variandi puhul on hea ligipääs kõikidele detailidele).



Joonis 68. Detailide vale (vasakul) ja õige ühendamine sõltuvalt lambipesade asendist.



Joonis 69. Transistoride kinnitamisvõimalusi montaažplaadile.

Elektroonikaaparaatide montaažil kasutatakse tavaliselt painduvaid ühekiulisi ja mitmekiulisi montaažjuhtmeid, kuid sõltuvalt mitmesugustest konkreetsetest montaažiisearasustest võib tekkida vajadus ka tugeva ühekiulise montaažjuhtme järele.

Lampskeemide montaaži alustatakse harilikult lampide kütteniitide toitejuhtmete paigaldamisest, keerates juhtmed omavahel kokku, kuid mõningatel juhtudel (suure võimendusteguriga võimendites jne.) tuleb kütteniidi üks ots maandada (ühendada šassiiga), et vähendada häireid. Kõrgsageduslike skeemide (blokkide) montaažil tuleb niisugune maandamine teha vahetult lambipesa juures.

Montaažklemmide, -tugede, skeemitiftide jms. külge tinutatakse kõigepealt vastavalt poolmontaažskeemile ühendusjuhtmed ning alles seejärel eelnevalt ettevalmistatud (ärापainutatud väljaviikudega) elektroonikadetailid. See on eriti oluline just eksperimentaalse aparatuuri valmistamisel, sest häälestamisel peaksime detaili väljavahetamise korral kõik joodetud otsad uuesti lahti kiskuma, aga jootes viimastena montaažklemmide külge elektroonikadetailid, on nende väljavahetamine hõlpsam. Viimane moodus teeb muidugi ka aparaadi remondi hõlpsamaks. Peale selle on soovitatav, et ühe montaažklemmi (skeemitifti) küljes ei oleks rohkem kui 3 - 4 ühendusotsa. Nagu juba varem märkisime, peavad kõik montaažjuhtmed olema veetud võimalikult lühemat teed pidi, ja kui vähegi võimalik, kasutada detailide endi väljaviikusid. Tööstuslikult toodetud detailide väljaviikude lühendamine ei ole soovitatav, juhul kui väljaviigud osutuvad pikkadeks, võib neid sobivalt painutada.

Mõnikord tuleb vältida ka nn. ilusa montaaži tegemist, kus me paigutaksime kõik montaažjuhtmed üksteisega paralleelselt. Niimoodi suurenevad parasiitsed seosed eriahelate vahel ja samuti ei saa õigeks lugeda šassii kasutamist ühenduste tegemisel, isegi skeemi ühiste maanduspunktide ühendamisel, sest nii võib tekkida samuti

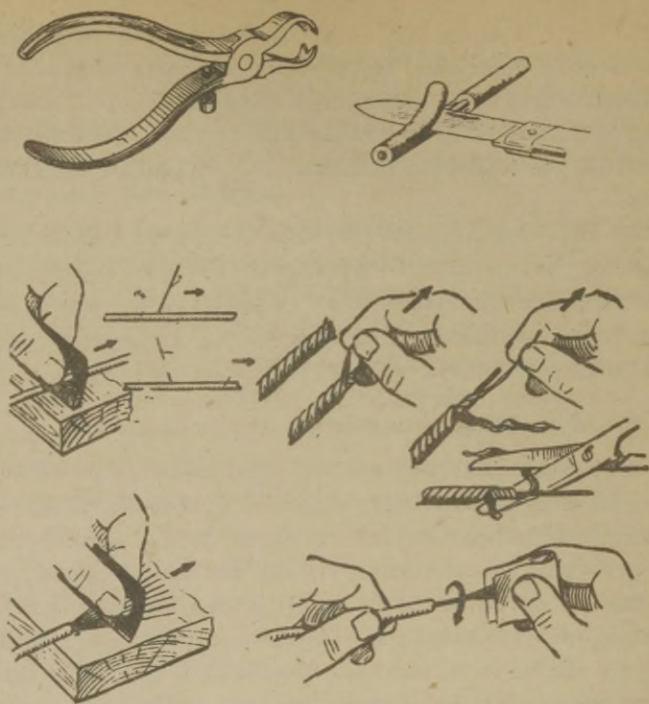
parasiitseid sidestusi. Kogu skeemi maandatud punktid tuleb omavahel ühendada montaažjuhtmetega. Mõnikord osutub aga isegi vajalikuks kõik need maanduspunktid ässasiist hoopis isoleerida ja maandada ainult ühes, eksperimentaalselt kindlaks määratud punktis, kus häirenivoo on minimaalne.

Et vähendada anoodi ja võre vahelisi parasiitseid mahtuvusi, tuleb anoodi- ja võreahelatesse ühendatavad detailid paigutada üksteisest võimalikult kaugemale ja mitte paralleelselt. Eriti oluline on niisugune paigutus kõrgematel sagedustel töötavate skeemiosade juures jm.

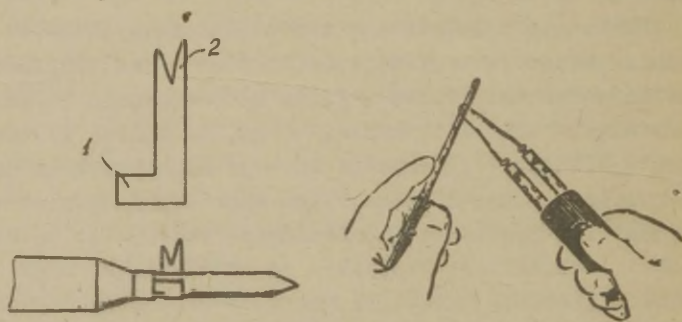
3. Juhtmeotste puhastamine isolatsioonist.

Ekspimentaalsele elektroonikaaparaatide montaažil lõigatakse montaažjuhtmed vajaliku pikkusega tükkideks montaažtööde käigus vastavalt vajadusele. Montaažjuhtmeid ette valmis teha võib ainult seeria- ja masstootmisel, kus on antud montaažskeemi juurde kõikide montaažjuhtmete spetsifikatsioon, milles on ära toodud ka kasutatavate juhtmete pikkused. Ligikaudse montaažskeemi või poolmontaažskeemi kasutamisel ei ole võimalik kõikide vajalike montaažjuhtmete pikkust ette näha ja isegi mitte arvutada.

Sõltuvalt kasutatavate montaažjuhtmete läbimõõdust, kiudude arvust ja isolatsiooni tüübist võime kasutada montaažjuhtmeotste puhastamiseks mitmesuguseid töövahendeid: nuga, skalpelli, kääre, tange, termilisi juhtme puhastajaid jne. Jämedamate ühe- ja mitmekiuliste montaažjuhtmete puhastamiseks võime kasutada mitmesuguseid mehhaanilisi juhtmeotste puhastamise vahendeid: spetsiaalseid isolatsiooni äralõike- ja -tõmbetange, nuga, kääre, skalpelli, muukviili, liivapaberit jms. Peenemate ühe- ja mitmekiuliste montaažjuhtmete otste puhastamiseks on soovitatav kasutada termilisi juhtmepuhastajaid, mida on võimalik ka ise võrdlemisi lihtsalt valmistada (vt. montaažtöödeks kasutatavaid töövahendeid).



Joonis 70. Juhtmeotste mehhaaniline puhastamine.



Joonis 71. Termilised juhtmepuhastajad ja nende kasutamine.

4. Kõrgsageduslike ja madalsageduslike skeemide montaaži iseärasusi.

Kõikide skeemide (kõrgsageduslikud ja madalsageduslikud) montaažil kehtivad kõik eespool toodud üldised nõuded, kuid erinevatel sagedustel töötavate skeemiosade montaažil on ka omad spetsiifilised iseärasused.

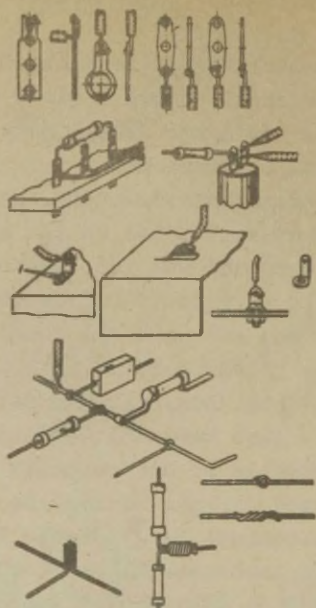
Kõrgsageduslike skeemide (resonantsvõimendid, generaatorid, impulss-skeemid jms.) montaažil tuleb valida kõige lühemad montaažjuhtmed või neid koguni vältida, kasutades ainult detailide väljaviike, nii et parasiitsed seosed väheneksid just neis kohtades, kus nad on kõige enam se-gavad (harilikult lampide võre- ja anoodahelad). Neid tingimusi tuleb arvestada juba detailide paigutamisel (montaažskeemi koostamisel), et just need montaažjuhtmed saaksid kõige lühemad (kõiki detaile ei ole võimalik nii paigutada, et kõik montaažjuhtmed oleksid minimaalse pikkusega). Anoodahela koormustakisti ja võreahela takisti tuleks kinnitada vahetult lambipesa klemmide külge, samuti kõrgsagedust edasikandvad ja šunteerivad kondensaatorid.

Kõrgsageduslike skeemide montaažil tuleks kasutada gabariitide pooldest võimalikult väiksemaid detaile ilma erilise tagavarata pinge või mõne teise parameetri järgi.

Madalsageduslike (sagedustel ca - 20 kHz) skeemide montaažil võib nende lisatingimuste suhtes veidi tagasihoidlikum olla ja mõningatel juhtudel juhinduda detailide paigutamisel isegi montaaži mugavustest.

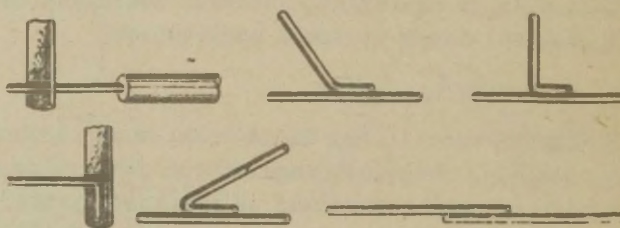
5. Detailide ühendused.

Elektroonikadetailide ühendamisel montaažjuhtmete, montaažklemmide, -tugede, pingelattide jms. külge võime teha mehhaaniliselt tugevdatud ja hõlpsasti lahtijoode-tavaid ühendusi. Mehhaaniliselt tugevdatud ühendused on mehhaaniliselt vastupidavamad, annavad parema galvaanilise kontakti jne., kuid nad on sobivad läbiproovitud skeemide montaažil, s.t. et oleme veendunud skeemi tööle-hakkamises.



Joonis 72. Mehhaaniliselt tugevdatud jooteühendused.

Ekspperimentaalse aparatuuri montaažil tuleb aga mitmed detailid skeemi jaoks valida häälestamise käigus ja siis pole mingit mõtet esialgselt skeemi joodetavaid detaile mehhaaniliselt tugevdada. Nende detailide jootmisel tehakse hõlpsasti lahtijoodetavad ühendused.



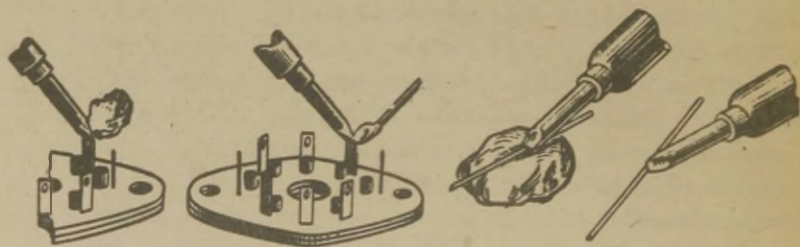
Joonis 73. Hõlpsasti lahtijoodetavad ühendused.

V. Jootmine.

Kõikide elektroonikadetailide ja -sõlmede väljavii-
kude, montaažjuhtmete, pingelattide jms. omavahelised,
mehhaaniliselt tugevdatud või mitte tugevdatud ühendused
joodetakse, et saada head galvaanilist kontakti.

Enne jootmistõid tuleb jootekolvi otsik viiliga hoo-
likalt puhastada ja tinatada. 220-voldise jootekolviga
normaalsel töötemperatuuril töötamiseks tuleb jootekolb
võrku lülitada lähi autotransformaatori, rakendades talle
ca 180V (sõltuvalt erinevatest jootekolvi tüüpidest).
Kui jootekolb kuumeneb üle, siis põleb jooteetina ära ka
jootekolvi tinatatud otsikult ja jootekolb ei võta enam
jooteetina külge. Ülekuumenenud jootekolviga jootmisel
aurustub rübustaja (harilikult kampil) kiiresti joote-
kohalt, joodetav koht kuumeneb üle, oksüdeerub ja joote-
tina ei hakka enam külge. Juhul kui me tahaksime joote
oksüdeerunud või isolatsioonist halvasti puhastatud mon-
taažjuhtmete otsi kokku elektroonikadetailidega, siis
peaksime neid kokkujoodetavaid kohti kuumutama nii kaua,
kuni isolatsioon või oksiidikiht ära põleks (sulaks).
Mõne aja möödumisel võtaks võib olla ka montaažjuhtme ots
tina külge, kuid selle aja peale oleksid elektroonikade-
tailid (takistid, kondensaatorid, pooljuhtdiodid, tran-
sistorid jms.) juba ammu üle kuumenenud ja muutunud kasu-
tamiskõlbmatuks. Või vastupidi, kui tahaksime joote kok-
ku montaažjuhtmeid ja elektroonikadetaile ja -sõlmi vähe
kuumenenud jootekolviga, siis jooteetina ei muutuks nii
voolavaks kui vaja ja me joodaksime või õigemini määrik-
sime jootekohale poolkülma jooteetina, mis ei anna head
elektrilist kontakti, s.t. vahel annaks, vahel mitte.
Saaksime nn. külma jootekohaga. Hiljem elektroonikaaparaa-
di häälestamisel on sellised vead raskesti avastatavad.
Et vältida elektroonikadetailide (pooljuhtdiodide, tran-
sistoride) ülekuumenemist jootmisel ja nn. külma joote-

kohta, peame kõik puhastatud (ka oksiidikihist) montaaž-juhtmete otsad, montaažklemmid, -toed, skeemitiftid sobivalt ärapainutatud raadio-elektroonika detailide väljaviigud jms. eelnevalt eraldi jootetihaga tinatama. Tinatatav pind (juhtme ots, detaili väljaviik, montaažklemm) tuleb määrada õhukese rübustaja(kampoli)kihiga kuuma jootekolvi abil. Pinnale kantud rübustajat (kampolit) kuumutades ja samaaegselt jootetina juurde andes võime puhta pinna katta jootetihaga.



Joonis 74. Montaažklemmide ja -juhtme-
otste tinatamine.

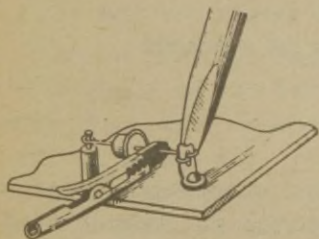
Tinatatud otste kokkujootmine on väga lihtne: normaalselt kuumutatud jootekolvi otsikut tuleb ca 1 - 2 sekundit hoida kokkujoodetava (tinutatava) klemmi (ühenduse) vastas, kusjuures jootetina peab "jooksma" joodetavate ühenduste vahel laiali ja jätma kokkujoodetud kohta ilusa madala jootetina tilga, mis moodustab ühtlase, tervikliku sõlme. Jootmise ebaõnnestumisel tuleb kokkujoodetavad pinnad uuesti, korralikult puhastada ja kogu protseduuri uuesti korrata.

Mehhaaniliselt tugeva ja töökindla jootekoha saamiseks peavad montaažjuhtmete ja detailide väljaviikude otsad olema liikumatud kuni jootetina täieliku jahtumiseni. Montaažjuhtmete ja elektroonikadetailide väljaviikude liikumise ning detailide ülekuumutamise vältimiseks tuleb detailide väljaviike ja juhtmeotsi pintsettide või tangidega kinni hoida.

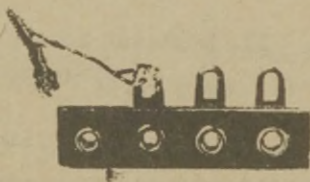


Joonis 75. Detailide väljaviikude ja montaažuhtmete otste kinnihoidmine jootmisel.

Detailide väljaviikusid ja montaažuhtmete otsi tuleb kinni hoida nii, et pintsetid või tangid jääksid detaili või montaažuhtme ja joodetava ühenduse (kuumutatava koha) vahele (vt. joon. 75 ja 76). Eriti kuumakartlike detailide (pooljuhtdiodid, fotoelemendid jms.) jootmisel võib kasutada suure soojusmahtuvusega spetsiaal-seid termoekraane (neid valmistatakse punasest vasest).

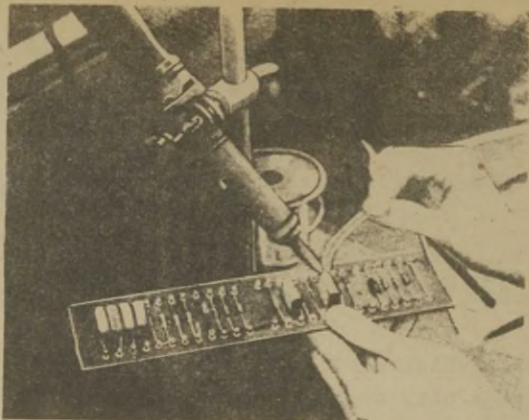


Joonis 76. "Krokodilli" tüüpi termoekraani kasutamine.



Joonis 77. Ülekuumutatud jootekohade näide (montaažuhe on muutunud kõlbmatuks).

Detailide jootmisel on mõnikord kasulikum kinnitada jootekolb statiivi külge, siis on mõlemad käed vabad.



Joonis 78. Statiivile kinnitatud jootekolviga jootmine.

VI. Montaaži kontrollimine ja aparaadi pingestamine.

1. Montaaži kontrollimine.

Sõltumata elektroonikaaparaati valmistava üliõpilase (amatööri, tehniku) kvalifikatsioonist või täpselt ettekirjutatud montaažinstruktsioonist, tuleb pärast montaažitööd montaaži õigsust kontrollida. Need detailid ja sõlmed, mis monteeritakse kokku eraldi (montaažplaadid, transformaatorid jms.), tuleb kontrollida juba enne nende paigaldamist aparaati.

Kontrollimise esimeseks etapiks on välise üldpildi saamine (kus mingi sõlm või blokk asub jms.). Seejärel tuleb detailselt kontrollida vastavalt aparaadi elektrilisele skeemile (ja spetsifikatsioonile). Kontrollida tuleb takistite, kondensaatorite, ühenduste õigsust, montaažuhtmete isolatsiooni kvaliteeti jms. Kontrollima

peab ka detailide ja sõlmede mehhaanilisi kinnitusi, jootühenduste vastupidavust jms. Vastupidavuse kontrollimisel tuleb pintsettidega tõmmata detaili väljaviiku või montaažjuhtme otsa ja veenduda, et see on kõvasti kinni. Kui mehhaanilised kinnitused on tehtud kruvide ja poltidega, tuleb kruvikeerajate ja võtmete abil kontrollida ka nende kinnituse astet ja jälgida, et kruvid ja poldid ei oleks kinni keeratud üleliia kõvasti. Nende kinnituste ülepingutusel võivad tekkida isolatsioonimaterjalides (hetinaks, tekstoliit, eboniit jms.) praod või metallmaterjalide puhul võib olla kruvidel ja poltidel keere (vint) maha keeratud. Kontrollimisel tuleb samuti pöörata tähelepanu potentsiomeetrite, pöördkondensaatorite, häälestuskondensaatorite võllide pööramise sujuvusele, samuti lülitite, surunuppude normaalsele töötamisele jms.

Montaaži kontrollimisel tuleb silmas pidada montaažskeemi koostamise nõudeid.

2. Aparaaadi pingestamine.

Pärast montaaži kontrollimist, olles veendunud detailidevaheliste ühenduste õigsuses, isolatsiooni kvaliteedis jms., võib valmishitatud aparaat praktika juhendaja loal pingestada. Valminud aparaat tuleb üliõpilastel endil normaalsesse nimirežiimi tööle panna. Sõltuvalt valmistatud seadme konstruktsiooni ja skeemi iseärasustest võib aparaadi katsetamise eesmärgil ja kooskõlas juhendajaga aparaati lülitada tööle ka režiimi, mis teatud piirides ületab normaalrežiimi.

Aparaadi üksikuid detaile ja sõlmi (toitetransformaator, mõningad tervenisti komplekteeritud astmed jms.) võib ja mõnikord peabki elektriliselt pingestama enne nende kinnitamist šassiile, s.t. enne nende montaaži.

Veendunud, et aparaat enam-vähem töötab, tuleks kontrollida kogu aparaadi üksikute astmete töörežiime vastavalt konkreetsele elektrilisele skeemile. Detaili-

de väljavahetamise ja igasuguste ümbertinutuste ajaks tuleb kogu aparaat pingetuks lülitada, toitejuhe seinakontaktist välja tõmmata ja veenduda, et suured elektrolüüt-kondensaatorid (toiteblokis või mujal) ei jääks laetuks, ning alles siis võib teha ümbertinutusi jms. Valmisehitatuu aparaadi pingestamisel ja pingete või voolude mõõtmisel tuleb rangelt juhinduda õppetöökojas kehtivatest ohutustehnika eeskirjadest, mõõteriistade kasutamise juhenditest ja praktika juhendaja näpunäidetest (sest eksperimentaalse aparatuuri valmistamisel ja häälestamisel ei ole võimalik kõiki iseärasusi ette näha ega teha vastavaid täpseid ettekirjutusi aparaadi või üksiku bloki häälestamiseks).

F. OHUTUSTEHNIKA .

I. Ohutustehnika põhinõuded.

Ohutustehnika põhiülesanne on inimesele ohutute töötingimuste loomine, traumade vältimine. Traumade peamised põhjused on harilikult hooletu töötamine, hooletu tööriistade paigutus ja ebaõige käsitlemine jms. Niisuguste traumade ärahoidmine on täiesti võimalik, hoides pidevalt oma töökoha puhta ja korras ning tehes teatud tööoperatsioone ainult selleks ettenähtud kohas, mitte segades kaasüliõpilasi töötamisel jms. Kõikides tekkinud küsimustes tuleb pöörduda praktika juhendaja poole.

Täites korralikult kõiki õppetöökojas kehtivaid ohutustehnika reegleid, väldime kõikvõimalikke traumasid, peale selle paraneb ka töö kvaliteet. Järgnevalt on juhitud tähelepanu kõige enam tehtavatele vigadele.

II. Ohutustehnika aparatuuri valmistamisel.

Enne tööriista või -vahendi ning mitmesuguste seadmete kasutamist tuleb kõigepealt tutvuda töövahendi enesega ja temaga tehtavate võimalike töövõtetega.

Töökohal tuleb asetada kõik tööriistad ja -vahendid õigetes kohtadesse, pannes töölauale ainult need tööriistad, mida me vahetult kasutama hakkame, samuti vajalikud detailid või materjalid.

Töövahendite ja seadmete mittetundmise korral tuleb tingimata pöörduda praktika juhendaja poole selgituste saamiseks.

Kõik elektri jõul töötavad seadmed (elektridrell, puurmasin jms.) tuleb enne nende võrku lülitamist tingimata maandada või veenduda maanduste olemasolus.

Termiliste traumade vältimiseks ei tohi puudutada kuuma jootekolvi metalset osa. Elektrilöögi ärahoidmiseks ei tohi ka külma jootekolvi korral tema metalsest osast kinni võtta võrku lülitamisel, sest jootekolvi küttemähise isolatsioon võib olla riknenud ja metalloosa võib olla faasipinge all. Ka termiline juhtnepuhastaja võib tekitada termilisi traumasid jms.

III. Ohutustehnika aparatuuri häälestamisel (pingestamisel).

Elektrivool, läbides inimese keha (sõltuvalt muidugi voolu teekonnast, voolu liigist jms.), võib esile kutsuda raskeid traumasid või põhjustada isegi surma. Vool 50 - 100 mA on ohtlik inimese elule, aga üle 100 mA on surmav. Sama tugevusega vahelduvvool on alalisvoolust ohtlikum. Kõrgsagedusvool on kohaliku toimega.

Valminud aparadi pingestamine ja häälestamine on lubatud õppetöökojas ainult praktika juhendaja loal. Pingestatav aparaat tuleb eelnevalt maandada.

Mõõteaparatuuri käsitlemisel ja rakendamisel (pinge ja voolu mõõtmine jms.) tuleb rangelt juhendada selle kasutamisinstruktsioonidest ja juhendaja näpunäidetest.

Töökohal ei tohi olla liigseid töövahendeid, materjale jms.

Kategooriliselt on keelatud igasugune aparatuuri täiustamine ja ümbertegemine pinge all. Kõik vajalikud lisatööd tuleb teha, lülitades eelnevalt aparadi võrgust välja, eemaldades toitejuhtme pistiku võrgukontaktist ja veendudes, et suurtesse elektrolüüt-kondensaatoritesse ei jäänud laengut.

Kui kaasüliõpilane jääb pinge alla, siis tuleb ta pinge alt viibimata vabastada, kuid nii, et vabastaja ise ei jääks samuti kannatadasaanauga paralleelselt pinge alla. Pinge alt vabastamisel tuleb võtta kannatadasaanul kinni tema maapoolsest ehk nullpoolsest (mitte

pingepoolsest) kehaosast, eelnevalt asetades oma jalgade alla isoleerplaadi. Kui näiteks kannatadasaanu jäi pinge alla nii, et üks tema käsi jäi faasipinge külge ja teine käsi maanduse (aparaadi korpuse, kütteradiaatori vms.) külge, siis tuleb kannatadasaanu vabastamisel harrata tema teisest käest, mis jäi maanduse külge, kuid nii, et ise ei jääks maanduse ja kannatadasaanuga koos (järjestikku) pinge alla. Igakord (sõltuvalt muidugi ka konkreetsest olukorrast) tuleb jälgida, et abiandja oleks isoleeritud nii maandusest kui ka pingest.

Vajaduse korral tuleb kannatadasaanule anda esmaabi või teha kunstlikku hingamist.

SOOVITATAV KIRJANDUS.

- Alt, E., Jakobi, E. Raadiokorrastaja käsiraamat. Kirj. "Valgus", 1965.
- Drozдов, N., Nikulin N. Elektrimeterjalid. ERK, 1963.
- Elgas, J. Elektrimõõtmiste käsiraamat. ERK, 1963.
- Gendin, G. Kõrge kvaliteedilised madalsagedusvõimendid. Kirj. "Valgus", 1967.
- Isotamm, A. Raadioamatööri käsiraamat. ERK, 1958.
- Jakobi, E. Televisiorite korrastamine. Kirj. "Valgus", 1965.
- Koort, A. Elektroonikaaparatuuri töökindlus. Kirj. "Valgus", 1967.
- Makijenko, N. Lukksepatööd. ERK, 1964.
- Nepotsatõhh, G. Elektrikahjustused. Kirj. "Valgus", 1965.
- Novikov, P.A. Ohutustehnika eeskirjad üliõpilaste tööks laboratooriumides ja õppe- tootmistöökodades. EPA, 1958.
- Pedusaar, H. "Elektro- ja raadiotehnika. Kirj. "Valgus", 1967.
- Piiraja, E. Plastmassid. Kirj. "Eesti Raamat", 1965.
- Popov, V. Elektrimõõtmised ja mõõteriistad. Kirj. "Valgus", 1966.
- Tani, H., Velmre, E. Pooljuhtseadised ja nende kasutamine. Kirj. "Valgus", 1967.
- Tartu Riikliku Ülikooli sisekorra eeskirjad. TRÜ rota-print, 1962.
- Артюшенко В.И. Пособие монтажнику радиоаппаратуры. Изд. "Техника", Киев, 1967.
- Архангельский С.Н., Розенберг Н.М., Шурипов А.И. Производственное обучение в средней школе по профессии "Монтажник радиоаппаратуры". Изд. Акад.пед. наук, 1963.
- Белопольский И.И., Пикалова Л.Г. Расчет трансформаторов

и дросселей малой мощности. Госэнергоиздат, 1963.

Бодак С.И., Душников А.А., Тулаев Г.Г., Элькин И.М.

Сборка и монтаж радиоаппаратуры. Изд. "Энергия", 1967.

Большов В., Гукин В. Книга начинающего радиолюбителя, Изд. ДОСААФ, 1964.

Бортновский Г.А. Рабочее место радиолюбителя. Изд. "Энергия", 1964.

Брандт А.А., Ржевкин К.С. Техника монтажа и налаживания радиосхем. Изд. Московского университета, 1966.

Буклер В.О. Что нужно знать радиомонтажнику. Изд. "Энергия", 1967.

Варламов Р.Г. Компоновка радио и электронной аппаратуры. Изд. "Советское Радио", 1966.

Варламов Р.Г. Основы художественного конструирования радиоэлектронной аппаратуры. Изд. "Советское Радио", 1967.

Волгов В.А. Детали и узлы радиоэлектронной аппаратуры, Изд. "Энергия", 1967.

Готман П.Е., Березин В.Б., Найкин А.М. Электротехнические материалы. Изд. "Энергия", 1964.

Гусев И.Т. Основы монтажа электромеханических и электронных изделий. Изд. "Типография МИФИ", 1965.

Гусев В.П. Производство радиоаппаратуры. Изд. "Энергия", 1964.

Даммер Дж., Брунетти К., Ли Л. Расчет и конструирование электронной аппаратуры. Изд. "Энергия", 1964.

Джонсон Р. Как строить радиоаппаратуру. Изд. "Энергия", 1968.

Ерлыкин Л.А. Практические советы радиолюбителю. Оборонгиз, 1965.

Жуков В.А. Технология производства радиоаппаратуры. Госэнергоиздат, 1959.

- Зайцев В.А., Николаев С.Н. Краткий справочник по электровакуумным приборам. Издат. "Энергия", 1965.
- Зарх И.М. Справочное пособие по монтажу и регулировке радиоэлектронной аппаратуры.
- Эгут М.А., Условные обозначения и радиосхемы. Издат. "Энергия", 1964.
- Иваницкий В. Советы радиолюбителя. Издат. ДОСААФ, 1964.
- Инженерные методы расчета тепловых режимов некоторых радиоэлектронных устройств. Издат. ВНИЭИР, 1963.
- Карролл Дж. Технология производства радиоаппаратуры. Издат. Судпромгиз, 1960.
- Кацнельсон Б.В., Ларионов А.С. Отечественные приемно-усилительные лампы и их зарубежные аналоги. Издат. "Энергия", 1968.
- Костиков В. Как построить радиоприемник. Издат. ДОСААФ, 1964.
- Ломанович В.А., Румянцев М.М. Пособие для подготовки мастеров по ремонту радиоприемников. Издат. ДОСААФ, 1964.
- Ломанович В.А. Справочник по радиодеталям. Издат. ДОСААФ, 1966.
- Лысаченко И.А. Электрорадиоматериалы. Издат. "Связь", 1967.
- Макушев Э.И. и др. Типовые схемы радиоэлектронной аппаратуры, Издат. "Энергия", 1964.
- Малинин Р.М. Резисторы. Издат. "Энергия", 1965.
- Матвеев Г.А., Хомич В.И. Катушки с ферритовыми сердечниками. Издат. "Энергия", 1967.
- Меерсон А.М. Радио-измерительная техника. Издат. "Энергия", 1967.
- Михайлов И.В., Пропошин А.И. Конденсаторы. Издат. "Энергия", 1965.
- Мордухович Н.Г. Основы конструирования радиоэлектронной аппаратуры. Часть I, Издат. ВЗЭС, 1967.
- Мукин И.М. Справочник молодого токаря. Издат. "Высшая школа", 1965.

- Обозначения условные графические для электрических схем. ГОСТ 7624-62, Изд. "Стандартов", 1965.
- Пименов А.И. Учебное пособие по курсу "Проектирование элементов и узлов радиоаппаратуры". Изд. "Технография МЭИ", 1967.
- Почепан А. Проверка исправности электрорадиодеталей в домашних условиях. Изд. "МАЯК", Одесса, 1968.
- Радиолюбительские конструкции (указатель описаний). Изд. "Энергия", 1967.
- Румянцев М. Практика налаживания любительских карманных приемников. Изд. ДОСААФ, 1965.
- Соломоник И.Ш. Введение в курс "Производство радиоаппаратуры". Изд. Томского госуниверситета, Томск, 1965.
- Справочник молодого электрика по электротехническим материалам и изделиям. Изд. "Профтехиздат", 1962.
- Справочник по пластическим массам под редакцией Гардара М.И., Акутина М.С., Егорова Н.М. Изд. "Химия", 1967.
- Справочник по полупроводниковым диодам и транзисторам под редакцией Горюнова Н.Н. Издат. "Энергия", 1964.
- Фролов А.Д. Соединения в конструкциях радиотехнических изделий. Издат. "Энергия", 1966.
- Фролов А.Д. Узлы радиоаппаратуры. Издат. "Энергия", 1964.

SISUKORD.

E e s s õ n a

SISSEJUHATUS	5
I. Raadibaparaadiehituse ajaloost	5
II. Tootmise klassifikatsioon	8
III. Eksploatatsiooni tingimused ja töö- kindlus	9
A. SKEEMID	17
I. Blokkiskeem	18
II. Elektriline skeem	19
III. Poolmontaaz- ja montaazskeem	22
B. ENAM KASUTATAVAD ELEKTROTEHNILISED MATER- JALID	25
I. Klassifikatsioon	25
II. Dielektrikud	27
1. Orgaanilised dielektrikud	27
2. Anorgaanilised dielektrikud	35
III. Juhid	37
1. Väikese eritakistusega juhtmater- jalid	38
a. M ä h i s e t r a a d i d	38
b. M o n t a a z j u h t m e d	39
2. Suure eritakistusega juhtmater- jalid	42
3. Jootetina (joodis)	43
IV. Pooljuhid	45
V. Magnetilised materjalid	47
1. Magnetiliselt pehmed materjalid	47
2. Magnetiliselt kõvad materjalid	50
VI. Konstruksioonimaterjalid	50
1. Mustad metallid ja nende sulamid	51
2. Värvilised metallid ja nende sulamid	52

C.	ELEKTROONIKADETAILID JA -SÕLMED	54
I.	Põhidetailid ja sõlmed	54
1.	Takistid	54
2.	Kondensaatorid	62
3.	Keritud tooted (induktiivsused)	67
4.	Elektrovaakuum-,ioon- ja pooljuht- seadised	73
a.	Elektrovaakuum- seadised	73
b.	Ioonseadised	74
c.	Pooljuhtseadised	74
II.	Abidetailid	75
III.	Kinnitusdetailid	77
D.	LUKKSEPATÖÖD	78
I.	Töövahendid ja nende kasutamine	78
1.	Märkimis- ja mõõteseadmed	79
2.	Materjalide lõikeseadmed	84
3.	Kruustangid	87
4.	Viilid	88
5.	Tangid	93
6.	Puurid	95
7.	Keermetamise abinõud	97
8.	Drellid	98
9.	Rauasaed	99
10.	Kruvikeerajad	100
11.	Kaabits	101
12.	Võtmed	101
13.	Haamrid	102
II.	Šassii ja karkassi valmistamine	103
1.	Erineva konfiguratsiooniga šassiid	103
2.	Detailide paigutus šassiil	105
3.	Šassiimaterjali valik	107
4.	Šassii valmistamine	107
5.	Karkassi valmistamine	107
6.	Suurte aukude valmistamisvõimalusi	111

a. Universaalne raadiotehniliste mõõtude stants	111
b. Aukude suuremaks hõõritsemine .	112
c. Aukude väljapuurimine	112
d. Lendpuuri kasutamine	114
7. Aparaaadi kasti valmistamine	114
E. ELEKTROONIKAAPARATUURI MONTAAŽ	116
I. Töövahendid ja nende kasutamine	118
II. Transformaatorite, drosselite ja poolide valmistamine	121
III. Mitmesuguste detailide valmistamine ja nende kinnitamine	126
1. Radiaatorite valmistamine	126
2. Kinnitusdetailide valmistamine ja kasutamine	126
3. Klemmide ja kuplungite valmista- mine	130
4. Montaažplaatide ja -paneelide val- mistamine	130
IV. Detailide ja montaažjuhtmete ettevalmis- tamine montaažiks ja nende montaaž	132
1. Elektroonikadetailide ettevalmis- tamine montaažiks.	132
2. Elektroonikadetailide paigutamine montaažplaatidele, lambipesade külge jm.	134
3. Juhtmeotste puhastamine isolatsioo- nist	137
4. Kõrgsageduslike ja madalsageduslike skeemide montaaži iseärasusi	139
5. Detailide ühendused	139
V. Jootmine	141
VI. Montaaži kontrollimine ja aparaaadi pin- gestamine	144

1. Montaaži kontrollimine	144
2. Aparaaadi pingestamine	145
F. OHUTUSTEHNICA	147
I. Ohutustehnika põhinõuded	147
II. Ohutustehnika aparatuuri valmistamisel . .	147
III. Ohutustehnika aparatuuri häälestamisel . .	
(pingestamisel)	148
S o o v i t a t a v k i r j a n d u s . . .	150

3. Цэсто

ПРАКТИКА ПО РАДИОМОНТАЖУ

На эстонском языке

Тартуский государственный университет
СССР, г. Тарту, ул. Пликооли, 18

Vastutav toimetaja K. Koda
Korrektor A. Tõldsepp

=====
TRU rotaprint 1969. Paljundamisele antud 30.IV 1969.
Trükipoognaid 9,88 + 2 kleebist. Tingtrükipoognaid
8,99. Arvestuspoognaid 7,8. Trükiarv 800. Faber
30x42/1/4. MB 05325. T. 404.

Hind 40 kop.

Hind 40 kop.